

78
2EJ



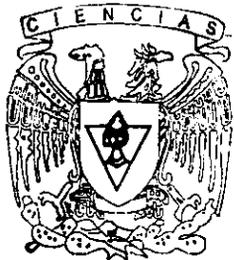
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"La Ictiofauna como Indicadora
de la Calidad Ambiental en
Ríos de la Cuenca del Pánuco"

T E S I S
Que para obtener el título de
B I O L O G O
p r e s e n t a
NORMAN MERCADO SILVA

Director de Tesis:
Dr. Guillermo Salgado Maldonado



FACULTAD DE CIENCIAS UNAM México, D. F.



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"La Ictiofauna como Indicadora de la Calidad Ambiental en Ríos de la
Cuenca del Pánuco".

realizado por Norman Mercado Silva

con número de cuenta 9453484-9 , pasante de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Guillermo Salgado Maldonado

Propietario Dr. Fernando Alvarez Noguera

Propietario Dr. Raúl Pineda López

Suplente M. en C. Eduardo Soto Galera

Suplente Biól. Rafael Báez Vale

Guillermo Salgado Maldonado
Fernando Alvarez
Raúl Pineda López
Eduardo Soto Galera
Rafael Báez Vale

Edna María Suárez Díaz
Consejo Departamental de Biología
Dra. Edna María Suárez Díaz

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Dr. Norman Mercado y Dra. Beatriz Silva.

**Por ser ejemplo, apoyo, modelo, y un gran cimiento
Por todo el amor, trabajo y sacrificio.**

A Gerardo y Fernando

Esos que hicieron de amigos, ejemplo, apoyo, cómplices... en fin... Hermanos.

A los viejos, Don Felipe y Don Manuel.

Un ejemplo, el origen.

Al Dr. Guillermo Salgado.

Por haberme ayudado a sembrar buena parte de mi presente y futuro.
Por el espacio, apoyo, guía, comprensión y amistad.

A mis maestros:

Dr. John Lyons
Dr. Raul Pineda,
M. en C. Eduardo Soto
Dr. Edmundo Díaz Pardo

Por la oportunidad, el conocimiento, las lecciones, la amistad y todo el apoyo.

Al Dr. Fernando Álvarez

Por haber formado parte del sínodo.

A Rafa, Guille y todos mis compañeros del Laboratorio de Helmintología, Instituto de Biología, UNAM

Por todo el apoyo y la colaboración.

A Ofelia y todos los compañeros en la Universidad Autónoma de Querétaro y el Laboratorio de Ictiología del IPN.

A toda mi gente de la Facultad, ustedes saben quienes son... gracias

A los amigos, esos que son...

INDICE

	Página
Introducción	3
Objetivos y Metas	12
Descripción del Área de Estudio	13
Región Hidrológica # 26; Región del Pánuco	13
Subcuenca del Río Verde	14
Subcuenca del Río Santa María	14
Subcuenca del Río Estorax	14
Características Climatológicas del Área	15
Mapas del Área de Estudio	17
Materiales y Método	20
Metodología Utilizada en las Colectas	20
Parámetros Determinados	21
Colecta de Peces	22
Examen Parasitológico	25
Obtención del Índice de Integridad Biótica	26
Resultados	28
Distribución de Especies Colectadas por Subcuenca.	30
Especies Colectadas por Localidad	31
Especies de parásitos encontradas en cada sitio	36
Grupos Funcionales y Estructurales de los Peces Colectados	37
Resultados del Análisis Multivariado.	38
Parámetros de IIB Considerados para los Sitios Estudiados	46
Criterios de Calificación de los Parámetros (IIB)	61
Gráfica de Prueba del IIB	
Análisis de Resultados y Discusión	63
Conclusiones	79
Anexos	81
Descripción de las Localidades Utilizadas en el Análisis	
Breve Descripción de las Especies de Peces Encontradas	
Bibliografía	93

FALTAN PAGINAS

1

De la:

2

A la:

Introducción

En este siglo, particularmente durante los últimos 20 años, los hábitats acuáticos han sido degradados a un ritmo sin precedente y las poblaciones de peces han decrecido dramáticamente o han cambiado su estructura y composición (Lyons, et.al., 1998). Los ecosistemas acuáticos de México presentan graves problemas de degradación ambiental debido a la sobre explotación que se ha hecho de ellos y sus recursos, la contaminación, y el asentamiento de un número creciente de poblaciones cercanas a los mismos (Athié, 1987). Para frenar el deterioro ambiental que sufren estos ecosistemas es necesario conocer el estado que guardan actualmente y definir los procedimientos que lleven a su restauración o conservación.

La explotación de los recursos acuáticos epicontinentales es esencial para la supervivencia de poblaciones humanas, sin embargo, las actividades del hombre han tenido un impacto negativo significativo sobre los cuerpos de agua de nuestro país. Algunos de estos efectos negativos se ven reflejados en la flora y fauna que en ellos habita; siendo, las comunidades de peces, solo un ejemplo de las que se han visto fuertemente afectadas. Aunque se tiene conciencia del deterioro que han sufrido los ríos en México, los métodos de evaluación del estado de los ecosistemas acuáticos no han sido suficientemente desarrollados para identificar claramente su calidad o proteger y restaurar su salud. Los efectos negativos producto de actividades antropogénicas sobre las corrientes de agua epicontinentales, son perceptibles a toda escala, desde pequeños riachuelos hasta ríos de gran caudal. Las causas del deterioro de los ríos tienen diversos orígenes; pudiendo ser de carácter doméstico, industrial, agropecuario,

pesquero ó forestal, entre muchos otros. Algunas de las formas comunes como se ha causado un impacto sobre el estado de los ríos incluyen: el vertimiento de desechos domésticos e industriales a los afluentes; la eutroficación de los ríos ante el cambio del paisaje por acciones de urbanización, producción agropecuaria y forestal; alteración del régimen y dirección de flujo por la construcción de presas y canales; sobrexplotación de los recursos acuáticos; contaminación de los afluentes por desechos provenientes de fuentes puntuales y no puntuales y la subsecuente acidificación; pérdida de morfología (sinuosidad, profundización, entre otros) del afluente; introducción accidental o programada de especies animales y vegetales alóctonas o exóticas modificando con ello la composición o estructura de las comunidades de los ríos.

Tradicionalmente, los métodos de evaluación y diagnóstico de las condiciones de los ecosistemas acuáticos se han basado casi exclusivamente en la observación y medición de parámetros físicos y químicos. La mayoría de los trabajos realizados se enfoca al establecimiento de niveles tolerables y valores críticos en la concentración de contaminantes en un cuerpo de agua, con base generalmente en experimentos de toxicidad aguda (Karr, 1981). Esta metodología, aunque permite conocer algunos aspectos sobre el impacto de las sustancias contaminantes sobre la fauna en el afluente tiene varios puntos débiles: generalmente no toma en cuenta la variación natural que geográficamente ocurre en la concentración de distintos de elementos y compuestos; no considera el efecto subletal que tienen los contaminantes; no ofrece información sobre los efectos sinérgicos que tienen varios contaminantes y no

permite evaluar muchas de las perturbaciones antropogénicas que afectan a un río, como las alteraciones de flujo y degradación de hábitats, entre otras (Karr, 1981).

Ante las limitaciones que presentan las metodologías tradicionales de evaluación arriba mencionadas, se presenta la alternativa del biomonitoreo. El análisis de las comunidades biológicas, dada su sensibilidad a un gran número de factores ambientales, nos brinda una referencia integral sobre el estado de conservación de un cuerpo de agua.

Las técnicas de biomonitoreo nacieron a principios del siglo XX, cuando Kolkwitz y Marsson codificaron el estudio de la macrobiota a un sistema que pudiese ser utilizado para valorar la severidad de la contaminación orgánica. A partir de sus trabajos, el sistema fue expandido y mejorado hasta lograr, después de 1950, obtener especies vegetales y animales con un cierto valor establecido de tolerancia a la contaminación orgánica. El valor de cada organismo fue añadido para poder otorgar una calificación al hábitat examinado (Loeb & Spacie, 1993).

Hoy, utilizando técnicas de biomonitoreo, es decir, utilizando datos sobre el estado de las poblaciones o comunidades animales y/o vegetales de un área, podemos evaluar la calidad ambiental (Lyons, 1992). Las comunidades biológicas son sensibles a un gran número de factores ambientales y nos brindan una referencia integral sobre la calidad ambiental, el estado de conservación de un hábitat, y sientan las bases para el planteamiento de estrategias que permitan tanto su conservación como su recuperación.

Al existir un cambio en las condiciones físicas, químicas o biológicas del afluente, las comunidades bióticas cambian en su estructura, composición y

comportamiento, existiendo entonces una pérdida en la Integridad Biótica del mismo. Se denomina Integridad Biótica a la capacidad de un ambiente de mantener y soportar una comunidad de organismos adaptada, de manera balanceada e integra, teniendo una composición, diversidad y organización funcional de especies comparable al hábitat natural de la región (Karr & Dudley, 1981). Esta definición supone que los organismos dentro del ambiente se encuentran evolutiva y biogeográficamente adaptadas en un marco espacio-temporal. La Integridad Biótica de un sistema es una característica sintética del mismo (Angermeier & Karr, 1994) y se refiere a las condiciones existentes bajo o sin la influencia de las actividades del hombre.

La salud e integridad biótica de un ecosistema acuático se degrada cuando la capacidad asimilativa del mismo de absorber un estrés ha sido excedida. Un ecosistema saludable o con una buena integridad biótica, se compone de comunidades bióticas y componentes abióticos que conforman una unidad capaz de sostenerse y regularse a sí misma (Loeb & Spacie, 1993).

En atención a la definición de Integridad Biótica anteriormente establecida, un sitio con una buena integridad biótica presenta todos los componentes biológicos y fisicoquímicos y los procesos que de manera ideal deben presentarse en un ambiente con características biogeográficas determinadas.

La integridad esta asociada directamente con el contexto evolutivo del afluente, de manera que la introducción de una especie alóctona, pese a incrementar inicialmente la diversidad, puede reducir la integridad biótica del sistema.

La pérdida de integridad se debe a la modificación de la influencia de los procesos en varios niveles de organización y en diversas escalas espacio-temporales;

se observa en la modificación de los procesos naturales y en la composición del ecosistema, comunidad o población en el afluente.

La utilización de la integridad biótica de un sistema como un parámetro indicador de la calidad ambiental de un sistema brinda al menos dos importantes ventajas sobre otros métodos de análisis ambiental: implica el análisis de varios procesos en el ambiente (de evolución, genéticos y ecológicos) e implica a factores tanto abióticos como bióticos y sus atributos.

Dentro de las comunidades bióticas existentes en un ecosistema acuático, la comunidad de peces ha sido citada en repetidas ocasiones como la más importante para poder evaluar la integridad biótica del mismo. La comunidad de peces en un afluente nos brinda varias ventajas para establecer las condiciones de un río por sobre otro tipo de comunidades biológicas dado que son ecológicamente más significativos que otros grupos que puedan analizarse (Frenzel, et. al, 1996), algunas de estas ventajas son:

- Existe información acerca de las historias de vida de la mayoría de las especies.
- Las comunidades icticas incluyen una gran variedad de especies que ejemplifican a varios niveles tróficos y fuentes de alimentación tanto terrestres como acuáticas.
- Su posición alta en las cadenas tróficas en comparación a los invertebrados y diatomeas por ejemplo, permite una visión integrativa del ambiente acuático.
- Son relativamente fáciles de identificar.
- Pueden evaluarse efectos de toxicidad (ausencia de alguna especie) y estrés (crecimiento deprimido o bajo éxito reproductivo).

La estructura de las comunidades de peces se encuentra determinada por, y es sensible a, las condiciones y recursos disponibles dentro del hábitat. Una comunidad que se encuentra establecida dentro de un cierto hábitat se compone de organismos que pueden tolerar, competir, persistir, resistir y reproducirse dentro del mismo haciendo uso de los recursos que en él existen. Si un hábitat se caracteriza por presentar las condiciones que son aceptables dentro de límites permisibles y provee todos los recursos necesarios para una especie dada, la especie tiene capacidad potencial de existir en él, pues el nicho ecológico, es decir, el hipervolumen n-dimensional de factores ecológicos relativos a la capacidad de una especie de sobrevivir y multiplicarse, es el adecuado para tal especie (Loeb & Spacie, 1993). Si los recursos o condiciones se ven alterados, también se verá afectada la capacidad de la especie de presentarse en el hábitat.

Los Índices de Integridad Biótica (IIB) fueron propuestos inicialmente por Karr a principios de los años 80 para analizar agrupaciones de peces en el centro-norte de Estados Unidos y han sido, desde entonces, modificados para ser aplicados a otras regiones y tipos de ecosistemas (Karr, 1981; Karr et al, 1986, Angermeier & Karr, 1994; Simon and Lyons 1995; Lyons, et.al., 1995). En él, diversos datos sobre la comunidad de peces se ordenan e interpretan con base en la organización estructural y funcional que presentan. Cada versión de los IIB incorpora diversas variables o parámetros sobre la riqueza y composición de especies, su valor como especies indicadoras, su función trófica, su función reproductiva su abundancia y la condición física de los peces. Cada uno de estos parámetros ha sido utilizado para poder, junto con otras variables, establecer gradientes de ecosistemas relativamente no degradados

a ecosistemas muy degradados por las actividades antropogénicas (Lyons, et. al., 1995).

La metodología de los IIB ha sido aplicada exitosamente en varios cuerpos de agua epicontinentales de los Estados Unidos y otras partes del mundo logrando establecer estrategias de restauración y conservación de los mismos. No solamente se ha utilizado a los peces como la comunidad sobre la cual establecer los índices, pues algunos otros grupos se han empleado también con este fin, como son los insectos, anfibios, crustáceos, plancton y plantas.

La degradación a que se han visto sujetos los cuerpos de agua epicontinentales en México nos lleva a implementar técnicas como los Índices de Integridad Biótica como una estrategia para poder conservar y restaurar este tipo de ecosistemas. A la fecha, solo existe una propuesta de IIB para ríos en la región centro-oeste de México (Lyons, et. al. 1995). Por lo que es este trabajo, el primero que pretende establecer los parámetros a observar en la elaboración un IIB preliminar para algunos ríos de la Cuenca del Pánuco.

La mayoría de los trabajos de campo sobre peces realizados en ríos y arroyos de México, se abocan a la taxonomía, sistemática, biogeografía y manejo de pesquerías, dejando de lado a la ecología de comunidades y la evaluación biológica.

Para México es de gran importancia la conservación de la biodiversidad de peces de agua dulce. A escala de paisaje se conocen alrededor de 375 especies de peces de agua dulce, de las cuales aproximadamente el 60% son endémicas (Miller, 1986; Espinosa, 1993; Espinosa, et al, 1993; Lyons, et. al., 1995). Así, la necesidad, tanto de preservar este tipo de ecosistemas sanos para la explotación humana, y de

preservar la diversidad biológica, hacen imprescindible que se lleven a cabo análisis de biomonitoreo de manera sistemática para poder evaluar la salud de los cuerpos de agua epicontinentales del país. Si establecemos los valores dentro de un Índice de Integridad Biótica para varios ríos dentro de una cuenca, podremos analizar la calidad ambiental de la misma y aquellos lugares que muestren valores bajos serán lugares en que se haga necesaria la inmediata aplicación de metodologías de restauración y conservación, mientras que aquellos con valores que indiquen una buena integridad biótica, serán sitios apropiados para la explotación planificada y conservación biológica.

Para este trabajo las hipótesis que se han planteado establecen que debe de existir una relación entre la estructura y composición de las comunidades de peces y la calidad ambiental, de manera que al observar las características de las primeras, estas permitan evaluar la calidad ambiental del medio. Otra hipótesis establece que si los parámetros que han sido utilizados para el establecimiento de IIB en otra área de México, presentan sensibilidad para la ictiofauna de la Cuenca del Pánuco, será posible, con base en ellas, construir un IIB para esta región.

Este trabajo tiene como objetivos el establecer la importancia de las comunidades de peces para el análisis de la Integridad Biótica de ríos de la Cuenca del Pánuco; identificar los parámetros (con base en la propuesta existente de un IIB en el oeste de México), que deben ser utilizados para la construcción de un IIB para la cuenca del Pánuco, establecer el estado que guarda la integridad biótica en varias localidades de los ríos de la cuenca; y proponer un IIB preliminar para la zona. Ello además de generar un listado de las especies de peces de los ríos estudiados, analizar las características ecológicas de estas especies, analizar las características de calidad

de agua de los sitios de colecta y relacionarlas con la composición y estructura de la comunidad de peces.

Objetivos y Metas

Objetivos

- Establecer la importancia de las comunidades ícticas para el análisis de la integridad biótica de ríos en la Cuenca del Río Pánuco.
- Identificar los parámetros que deben ser contemplados dentro de las comunidades de peces en la cuenca, para poder establecer un Índice de Integridad Biótica preliminar.
- Establecer el estado de la integridad biótica de varios sitios en ríos de la Cuenca del Pánuco.
- Proponer un Índice de Integridad Biótica preliminar para los ríos estudiados.

Metas

- Generar un listado de la ictiofauna para los ríos analizados.
- Analizar las características ecológicas de las especies encontradas e identificar aquellas tolerantes e intolerantes a los cambios en su hábitat, su función trófica, su posición en la columna de agua, su origen y su tipo de reproducción.
- Correlacionar los datos obtenidos sobre la calidad del agua, con el análisis de composición y estructura de la comunidad íctica.

Descripción del Área de Estudio

El Centro – Este de México es un área con una gran diversidad de paisajes y climas; es dentro de esta zona donde encontramos la cuenca del Río Pánuco. El Río Pánuco tiene en conjunto 66, 300 km² de superficie de captación en tres posiciones, altiplano, región montañosa y superficie costera (Verduzco, J., 1972), y abarca desde el centro-este de México, hasta el Golfo de México. (Ver Mapas 1 y 2)

El área de estudio comprende parte de la Región Hidrológica # 26, Región Hidrológica del Río Pánuco, que cuenta con dos cuencas principales, la cuenca del Río Moctezuma que corre desde el Valle de México y la Cuenca del Río Tamuín, que abarca el norte del estado de Querétaro (QRO), con Jalpan de Serra como población principal, el sureste del estado de San Luis Potosí (SLP), con Tamuín, Ciudad Valles y Río Verde como poblaciones principales y el noreste del estado de Guanajuato (GTO), en la región que encierran por el norte el estado de SLP y por el sur, el estado de QRO (INEGI, 1997). Los ríos que en este trabajo se estudian se encuentran tanto en la cuenca del Río Moctezuma como en la del Tamuín.

La región hidrológica en cuestión es una de las más importantes del país, pues ocupa el 4° lugar en superficie abarcada y el 5° en volumen de escurrientes (INEGI, 1986).

Descripción de los Ríos Estudiados.

Río Verde.

El Río Verde nace a 35 Km. al Este de San Luis Potosí en el parteaguas que separa a las regiones hidrológicas 26 y 37, a una elevación de 2500 m.s.n.m. Recibe como afluentes principales al Río San Nicolás, el arroyo Tortugas, el Río Santa Catarina, el manantial Media Luna y el arroyo El Conche. La zona topográfica que atraviesa se caracteriza por ser de pendientes muy pronunciadas y por sus recursos agrícolas, entre los que destaca el Distrito de Riego Río Verde. El Río Verde es el más importante afluente del río Santa María y cambia de nombre a este por el de Río Tropaón, el cual, a su vez, se considera el afluente más importante del Río Pánuco (SARH, 1972).

Río Santa María

Nace en el estado de Guanajuato con el nombre de arroyo El Puerquito, a 14 Km. al este-sureste de la población de Ocampo, Gto. En su porción inicial alimenta la presa que recibe a los ríos Altamirano, La Cueva y Bagres. Dentro del Estado de Querétaro recibe a los ríos Atarjea y Jalpan y al entrar en San Luis Potosí recibe al Río Verde y cambia su nombre al de Tropaón. (SARH, 1972).

Río Estorax

El Río Estorax nace dentro del Estado de Guanajuato, cerca del poblado de San Luis de la Paz. En este tramo se le conoce como Río Xichú. En los límites estatales de los estados de Guanajuato y Querétaro se le une un arroyo proveniente del sur y

adquiere el nombre de Estórax. Atraviesa el Estado de Querétaro hacia el Este atravesando una región bastante árida del estado hasta unirse con el Río Moctezuma. En su trayecto cruza algunas poblaciones enclavadas en la zona sur de la Sierra de Querétaro, como es Peñamiller.

Descripción Climática General

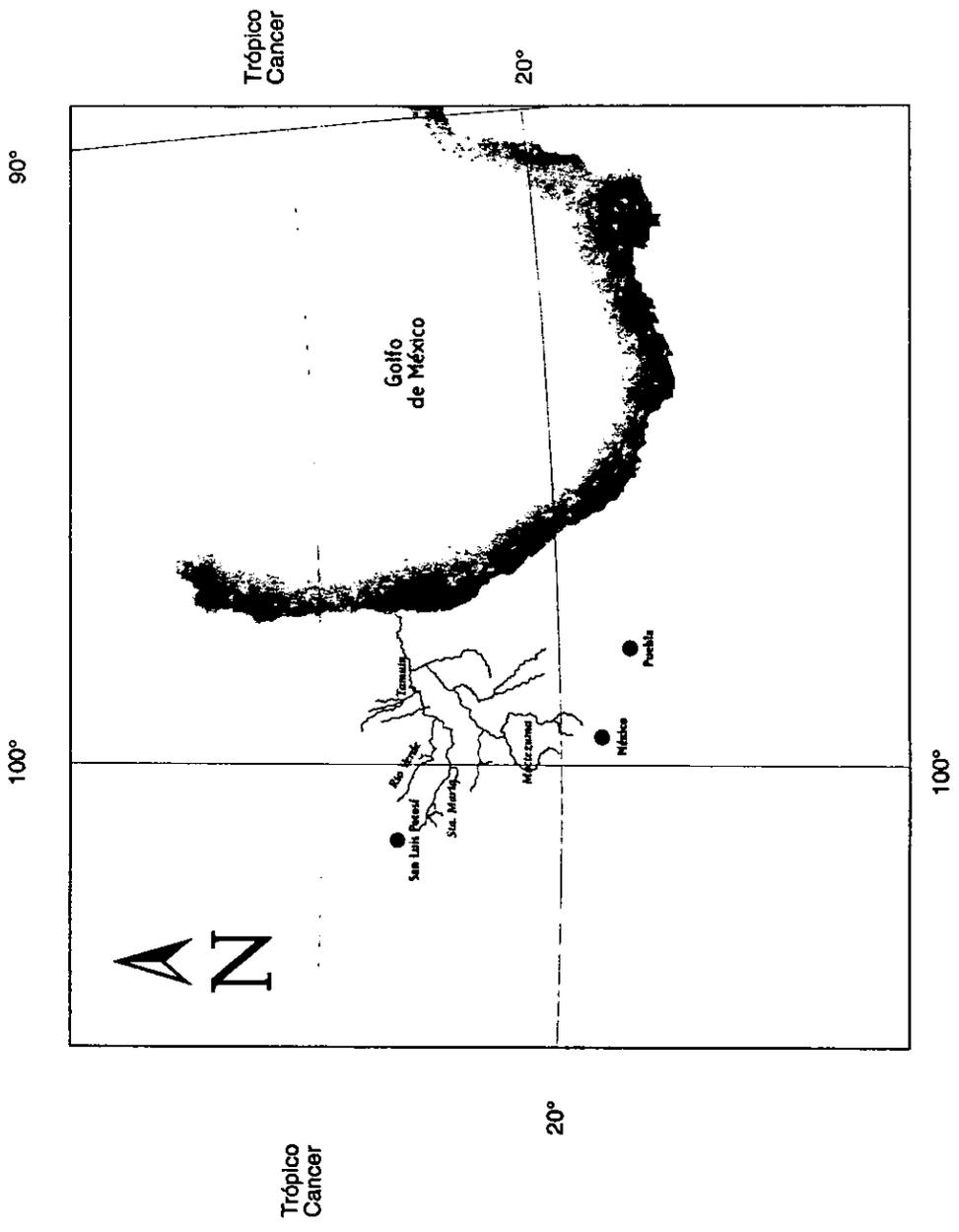
La zona de menor precipitación dentro del área de estudio, se localiza en el estado de Guanajuato donde los valores de precipitación oscilan entre los 600 mm y los 800 mm al año, promedio. Conforme se avanza al este y se aproxima a la Sierra de Pinal de Amoles, la precipitación se incrementa pudiendo llegar, en el extremo noreste de Querétaro a los 2000 mm promedio al año. En el estado de San Luis Potosí, en la región cercana a la ciudad de Río Verde, se presenta una precipitación media de 600 mm/año. Hacia Tamuín, la precipitación también se incrementa hasta llegar a los 1500 mm/año, promedio. En el extremo sureste del estado de San Luis Potosí, al borde con el estado de Hidalgo, se localizan áreas en que la precipitación media anual va de 1500 a 3000 mm /año, siendo esta el área de mayor recarga de agua para los ríos de la región. (INEGI, 1997)

La temperatura media anual oscila de los 16°C en las partes más altas de la sierra, a 24 en las partes más bajas. En la región del estado de Guanajuato que comprende el área de estudio, las temperaturas medias se sitúan entre los 16 y los 22°C. Al noreste del estado de Querétaro la variación se da entre los 16 y los 24 °C, al igual que en las partes elevadas del sureste del estado de San Luis Potosí. Al

descender hacia el golfo, las temperaturas se incrementan hasta alcanzar valores por encima de los 24°C promedio anual (INEGI, 1997).

El tipo de clima predominante en la región es de tipo seco estepario (BS), especialmente en la zona oeste del área de estudio (Guanajuato y suroeste de San Luis Potosí). Se presenta este tipo de clima en sus variantes caliente y muy caliente. En un menor número de regiones encontramos clima de tipo templado moderado lluvioso (C) con sus subtipos Cw, Cf y Cm. Estas regiones se encuentran cercanas a las zonas elevadas y en la planicie del golfo donde encontramos también, y dentro del área de estudio, climas de tipo tropical lluvioso (A(w) y A(f)) en mayor proporción. En el noreste del estado de Querétaro, se localiza un área extensa dominada por clima de tipo tropical-templado de invierno seco (Acw) (INEGI 1997).

Mapa 1. Cuenca del Río Penuco



Mapa 2. Localidades de muestreo

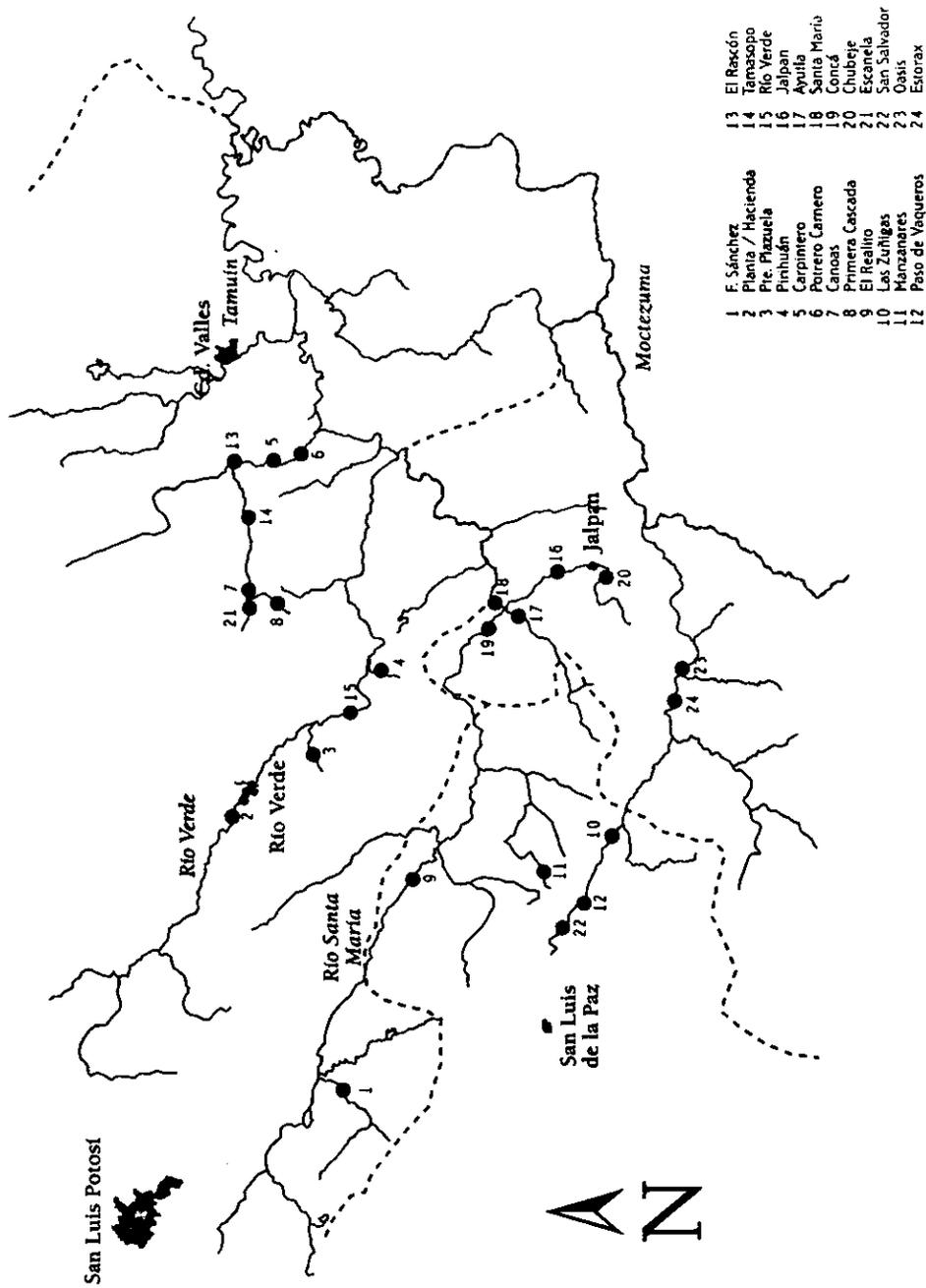


Tabla 1. Ubicación de las localidades muestreadas en las cuencas

Localidad	Santa María	Río Verde	Estorax
1) Fracción Sánchez	X		
2) La Planta/La Hacienda		X	
3) Puente La Plazuela		X	
4) Pirihuán		X	
5) El Carpintero	X		
6) Potrero del Carnero		X	
7) Canoas	X		
8) 1a Cascada de Canoas - QTA Matilde	X		
9) El Realito	X		
10) Zuñigas			X
11) Arroyo Manzanares			X
12) Paso de Vaqueros			X
13) Rascón	X		
14) Tamasopo	X		
15) Río Verde		X	
16) Río Jalpan	X		
17) Río Ayutla	X		
18) Río Santamaría	X		
19) Río Conca	X		
20) Chubeje	X		
21) Escanela	X		
22) Antes de San Salvador de los Ahorcados	X		
23) Oasis			X
24) Estorax			X
Total de Localidades por Cuenca	14	5	5

Las localidades se encuentran sobre los mismos ríos principales o en pequeños afluentes de los mismos. Se han agrupado dependiendo del río al que descarguen. En el caso de algunas de los sitios que se indican dentro del Río Santa María, algunos escurren al río Tamasopo, que a su vez es afluente del Santa María.

Materiales y Método

Se realizaron salidas al campo en los meses de octubre y noviembre de 1997, correspondientes a la época de secas. En ellos se visitaron un total de 24 localidades dentro de la Cuenca de los Ríos Tamuín y Moctezuma, en las Subcuencas de los Ríos Verde, Santa María y Estorax, todas ellas pertenecientes a la gran Cuenca del Río Pánuco (Tabla 1).

En cada una de las localidades se seleccionaron uno o más sitios de muestreo en áreas representativas del río, como son rápidos, pozas y remansos, con el objetivo de caracterizar adecuadamente esa localidad en el río. En cada uno de estos sitios se realizaron mediciones de factores físicos y químicos del cuerpo de agua, además de observaciones de campo para elaborar una descripción general de la localidad (ver Tabla 2). En cada uno de los sitios de muestreo se llevó a cabo la colecta de peces cubriendo la totalidad de hábitats presentes para obtener una colecta representativa de los peces ahí presentes.

El ancho promedio de los ríos fue determinado utilizando un flexómetro y la profundidad promedio se tomó sumergiendo una vara marcada en la parte central del río. En ambos casos, la operación se realizó en 2 o más sitios dentro de la localidad para obtener un valor promedio.

Se registro la temperatura con un termómetro de mano en cada localidad, al momento del muestreo.

Tabla 2. Parámetros analizados en campo para cada localidad.

Descripción General	
	Ancho promedio del río (cm)
	Profundidad promedio del río (cm)
	Temperatura del ambiente (°C)
	Hora de muestreo
Altitud (m.s.n.m.)	
	Coordenadas geográficas
	Poblados cercanos
	Presencia de canalización
Descripción de Tipos de Vegetación	
	Presencia/ausencia de buffer ripario
	Presencia/ausencia de vegetación introducida
Peces y su Hábitat	
	Número de tipos de sustrato:
	Roca madre
	Rocas
	Grava
	Arena
	Sedimentos finos
	Presencia/ausencia de:
	Algas
	Macrofitas
Fuentes Contaminantes	
	Presencia / ausencia de probables fuentes contaminantes
Calidad de Agua	
	Temperatura del agua (°C)
	Oxígeno disuelto (NMP/100ml)
	Conductividad (ms)
	Salinidad(mg/l)
	PH
	Fosfatos totales (mg/l)
	Fosfatos en solución (mg/l)
	Nitratos (mg/l)
	Grasas y aceites (mg/l)
	Detergentes (mg/l)
	Sólidos totales (mg/l)
	Dureza total (mg/l)
	Calcio
	Magnesio (mg/l)
	Plomo (mg/l)
	Cadmio (mg/l)
	Mercurio (mg/l)
	Hierro (mg/l)

Los parámetros determinados en campo y laboratorio para ser utilizados en el análisis multivariado e identificar la calidad de los sitios con base en la calidad del agua y otros factores ambientales En el recuadro en que comprende los peces y su hábitat no se incluyen todos los parámetros que se utilizan en el análisis de la integridad biótica utilizando el ensamblaje de peces. Estos datos se presentan más adelante en el trabajo.

Cada localidad fue georeferenciada utilizando un geoposicionador marca Trimble Navigator®. Todas las colectas fueron diurnas. La altitud de la localidad fue determinada utilizando un altímetro de mano. La temperatura del agua fue tomada utilizando un aparato Water Quality Checker marca Horiba®, al igual que los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, salinidad y pH. Se tomaron muestras de agua en frascos esterilizados y fueron examinados en el laboratorio del Centro de Estudios Académicos de la Contaminación Ambiental (CEACA) de la Universidad Autónoma de Querétaro para detectar y cuantificar los elementos y compuestos que se mencionan en la Tabla 2.

Los poblados cercanos a la localidad fueron considerados dentro de la descripción general. Se determinó también la presencia de alteraciones de origen antropogénico sobre el canal (ej. canalización). Mediante observaciones directas en el entorno se determinó la existencia de posibles fuentes puntuales y no puntuales de contaminación. Se determinó la presencia de buffer ripario, su abundancia, y la presencia de vegetación introducida en las orillas del río. La presencia de algas y macrofitas fue determinada mediante observaciones de campo y se determinó el número de tipos de sustratos dentro del río.

Colecta de Peces

Se analizaron las características de la comunidad de peces en las 24 localidades ubicadas en los ríos anteriormente mencionados.

La captura de peces se realizó con redes conocidas comúnmente como Chinchorro. Los esfuerzos de captura fueron llevados a cabo en diversos hábitats

dentro de cada localidad. La luz de malla de las redes utilizadas fue de 5, 6.24 y 10 mm. Se utilizaron chinchorros de las siguientes medidas: 2 x 1, 5 x 1.5, 10 x 1.5 y 30 x 1.5 mts., según los requerimientos del sitio a muestrear. Se utilizaron también redes de cuchara donde fue necesario. Se recalca que se realizaron colectas en pozas, zonas de corriente rápida, áreas de protección de peces y áreas con abundante vegetación sumergida, cuando esto fue posible, con el fin de obtener la mayor representatividad de las especies presentes en la localidad atendiendo a sus preferencias de hábitat. Los esfuerzos de captura fueron llevados a cabo sin dar importancia al tiempo o la distancia recorrida, sino hasta que en repetidos intentos aparecieran especies nuevas o existiese una variación significativa en la composición de especies en cada captura.

La totalidad de peces capturados fue clasificada y se procedió a realizar un análisis sobre la composición de la comunidad, determinando el número de ejemplares capturados, abundancia, diversidad y otros parámetros de la comunidad.

Los ejemplares colectados fueron identificados por Eduardo Soto Galera, Lilian Alcantara Soria, Miriam Soria Barreto y Alfonso González Díaz (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. ENCB-IPN). Las identificaciones se realizaron "in situ" o, cuando fue requerido, en el Laboratorio de Ictiología de la ENCB-IPN.

Parte de la muestra obtenida en cada localidad fue conservada para los análisis helmintológico y taxonómico, y parte de ella fue devuelta al río una vez clasificada y cuantificada. Los especímenes seleccionados para el análisis taxonómico fueron fijados en formal al 10%, identificados y posteriormente depositados en La Colección Ictiológica del Laboratorio de Ictiología de la ENCB-IPN.

Los ejemplares utilizados para el análisis parasitológico fueron mantenidos vivos hasta su disección utilizando bombas de aire.

Los peces capturados fueron clasificados con base en su origen, posición típica en la columna de agua, grado de tolerancia a la degradación ambiental, categoría trófica y tipo de reproducción (Tabla 7). Se realizaron correlaciones de la altitud y el ancho del río con el número de peces en cada sitio de muestreo y el número de peces exóticos para identificar tendencias de distribución (Gráficas 1-3).

Para conocer el origen de las especies se analizó la información histórica existente para cada especie, referente a su ubicación biogeográfica, para poderle determinar como endémica, nativa o exótica a los ríos estudiados.

La posición típica en la columna de agua de cada especie fue determinada con base en la información bibliográfica existente y a observaciones de campo determinando dos categorías: bentónica y pelágica.

El grado de tolerancia de las especies a la degradación o modificación ambiental fue obtenido a partir de datos bibliográficos para cada especie. Las especies fueron clasificadas como "sensibles" o "tolerantes"

Para determinar la categoría trófica de cada especie se revisó la información bibliográfica disponible y se ubicó a cada especie en una de tres categorías: herbívora, con un contenido estomacal superior al 75% de material vegetal; omnívora, con una dieta de más del 25% de material vegetal y más del 25% de material animal; y carnívora, con más del 75% del material estomacal de origen animal.

En lo que se refiere al tipo de reproducción, se consideró a las especies colectadas como ovíparas ó vivíparas de acuerdo a la información bibliográfica existente.

Examen Helmintológico

Para la detección de helmintos parásitos exóticos y nativos se mantuvieron vivos los hospederos en contenedores de plástico y con aireación. No en todas las especies de todas las localidades fue posible llevar a cabo un análisis parasitológico, pues esto estaba en función de la abundancia de peces, dado que en ocasiones su totalidad era requerida para el análisis taxonómico. Los hospederos fueron transportados a localidades cercanas a las de captura para su examen helmintológico, el cual fue llevado a cabo dentro de las 24 horas posteriores a la captura. Los peces que murieron durante el trayecto fueron fijados en formol al 4% para su posterior análisis. Se examinaron todos los órganos y tejidos de cada hospedero excepto sangre y huesos. Todos los parásitos encontrados fueron cuantificados *in situ* y en su mayor parte, recolectados y fijados utilizando las técnicas apropiadas. Los helmintos colectados fueron identificados en el Laboratorio de Helmintología del Instituto de Biología de la UNAM y ejemplares representativos fueron depositados en la Colección Nacional de Helmintos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y en la Colección de Parásitos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Querétaro. Posterior a su identificación taxonómica se identificó a las especies de parásitos en cada uno de los sistemas parásito – hospedero como exóticas o nativas a la cuenca.

Creación del Índice de Integridad Biótica

Los valores obtenidos para cada uno de los parámetros de calidad del agua en cada sitio fueron sujetos a un Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el programa estadístico de cómputo ANACOM®. Los resultados del análisis permitieron establecer una ordenación de los sitios en cuanto a la calidad de agua que presentaban. Para determinar la similitud entre los sitios de muestreo se realizó un Análisis de Distancias Euclidianas (ADE) utilizando el programa Statistica®.

Los sitios fueron ubicados en tres grupos con base en su calidad del agua: "Buenos", "Regulares" y "Malos", de manera comparativa y se estableció, al interior de cada grupo, una clasificación cualitativa para los sitios con base en la calidad del agua.

Las características ambientales de los sitios muestreados fueron relacionadas con los tres grupos formados a partir del ACP y el ADE. Esta relación permitió, de manera general, establecer las características ambientales de cada uno de los grupos. Se observaron las características de las comunidades de peces de cada sitio dentro de los grupos formados; ello con base en los atributos ecológicos de las especies colectadas.

Los parámetros de las comunidades de peces utilizados en el IIB para el Oeste de Jalisco (Lyons et .al., 1995) fueron evaluados para determinar su validez en el estudio de las comunidades de peces de la región estudiada del Río Pánuco. Aquellos parámetros útiles fueron adoptados para, entonces, construir un IIB para esta región. Se añadieron algunos parámetros sugeridos por Lyons (comunicación personal) para la creación de IIBs.

Para el desarrollo del IIB, los valores obtenidos para cada uno de los atributos seleccionados de las comunidades de peces fueron convertidos a una escala cualitativa de 10 puntos, con base en escalas similares desarrolladas por Lyons (1992). El valor obtenido en esta escala para cada sitio fue comparado con la clasificación de los sitios con base en la química del agua. El Índice de Integridad Biótica total fue obtenido de la suma de los valores para los parámetros con un recorrido de 0 puntos, como valor indicador de la más baja calidad ambiental en un sitio, a 100 puntos, como un valor indicador de la mejor integridad biótica.

Los datos de las comunidades de peces útiles para el desarrollo del IIB, fueron entonces aplicados a cada sitio de muestreo para determinar su calidad ambiental y se estableció una correlación entre la calificación obtenida para cada sitio dentro del IIB desarrollado y la calificación obtenida dentro del análisis de la calidad del agua para determinar la validez del índice.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos con relación a las comunidades de peces indican que en esta zona de la cuenca del Río Pánuco se pueden encontrar especies de peces representativas de las familias de origen neotropical Characidae y Cichlidae en la misma área de distribución que las familias neárticas Ictaluridae, Catostomidae y Cyprinidae.

Se colectaron un total de 1643 peces de 15 distintas especies.

En 8 de las 24 localidades no se colectaron peces. Proporcionalmente, la mayoría de estas se ubicaron dentro de la cuenca del Río Estorax. La riqueza de especies en los sitios que presentaron peces osciló entre 1 y 7. La subcuenca del Río Santa María presentó la mayor cantidad de especies y la del Río Estórax la menor, aunque el número de sitios muestreados fue superior en la primera.

Poecilia mexicana fue la especie más representativa en los resultados de los muestreos. Se le encontró en 13 de las 24 localidades estudiadas, en las subcuencas de los ríos Verde y Santa María. A esta especie siguió *Astyanax mexicanus* que se localizó en las tres cuencas estudiadas pero se ausentó en 14 localidades. Las especies con menor representación en la cuenca fueron *Dionda dichroma*, *Oncorhynchus mykiss* y *Aztecuela sallei*. Las 15 especies que fueron colectadas y su ubicación en cada cuenca y localidad se indican en las tablas 3, 4 y 5.

Se identificaron 4 especies exóticas: *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus*, *O. mykiss* y *Poeciliopsis gracilis*. Todas ellas aparecieron en baja proporción (en cuanto a número de especies totales en cada sitio) en las colectas,

salvo por *O. mykiss*, que fue la única especie encontrada en la localidad Chubeje. De las especies exóticas, la más extendida en los sitios de muestreo fue *P. gracilis*.

Se identificaron un total de 6 especies endémicas en las tres subcuencas que se estudiaron: *Dionda dichroma*, *Ictalurus mexicanus*, *Goodea gracilis*, *Gambusia panuco*, *Xiphophorus montezumae*, *Cichlasoma labridens*.

El índice de diversidad Shannon-Wiener, en las localidades que presentaron peces, tuvo como valor máximo y mínimo, 1.78 y 0, respectivamente. En dos localidades, Estorax (*G. gracilis*) y Las Zuñigas (*A. sallei*), la captura de peces fue representada por una sola especie.

Tabla 3. Listado de las especies encontradas con sus nombres comunes en Español e Inglés.

Nombre Científico	Nombre Común (Español)	Nombre Común (Inglés)
<i>Poecilia mexicana</i>	Topote del Atlántico	Shortfin Molly
<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Guatopote Jarocho	Porthole Livebearer
<i>Gambusia panuco</i>	Guayacón del Pánuco	Panuco Mosquitofish
<i>Xiphophorus montezumae</i>	Espada del Montezuma	Montezuma Swordtail
<i>Astyanax mexicanus</i>	Sardina Mexicana	Mexican Tetra
<i>Cichlasoma labridens</i>	Mojarra Huasteca	Blackcheek Cichlid
<i>Cichlasoma cyanoguttatum</i>	Mojarra del Norte	Río Grande Cichlid
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia Negra	Mozambique tilapia
<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia Azul	Blue Tilapia
<i>Ictalurus mexicanus</i>	Bagre del Río Verde	Panuco Catfish
<i>Ictiobus bubalus</i>	Boquín	Smallmouth Buffalo
<i>Dionda dichroma</i>	Carpa bicolor	Bicolor Minnow
<i>Goodea gracilis</i>	Tiro Oscuro	Dusky Goodea
<i>Aztecula sallei</i>	Carpa Azteca	Aztec Carp
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha Arcoiris	Rainbow Trout

Nombres de especies en inglés de Mayden R.L, 1992 , Espinoza, et.al, 1993 y Lyons (com. Pers.), 1999.

Tabla 4. Distribución de las Especies Encontradas en las Cuencas Estudiadas.

Familia y Especie	Santa María	Río Verde	Estorax
Poeciliidae			
<i>Poecilia mexicana</i>	X	X	
<i>Poeciliopsis gracilis</i>	X		
<i>Gambusia panuco</i>	X	X	
<i>Xiphophorus montezumae</i>	X		
Characidae			
<i>Astyanax mexicanus</i>	X	X	X
Cichlidae			
<i>Cichlasoma labridens</i>	X	X	
<i>Cichlasoma cyanoguttatum</i>	X	X	
<i>Oreochromis mossambicus</i>	X	X	
<i>Oreochromis aureus</i>		X	
Ictaluridae			
<i>Ictalurus mexicanus</i>	X	X	
Catostomidae			
<i>Ictiobus bubalus</i>	X		
Salmonidae			
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	X		
Cyprinidae			
<i>Dionda dichroma</i>	X		
<i>Aztecuela sallei</i>			X
Goodeidae			
<i>Goodea gracilis</i>			X
Número Total de Sitios Muestreados.	14	5	5
Número Total de Especies.	12	8	3

Tabla 5. Especies de Peces colectadas por localidad estudiada.

No. Loc.	Nombre	Especies de Peces Colectadas
1	Fracción Sánchez	<i>A. mexicanus</i> (126), <i>P. mexicana</i> (2)
2	La Planta/La Hacienda	<i>C. labridens</i> (1), <i>G. panuco</i> (23), <i>O. mossambicus</i> (1), <i>P. mexicana</i> (115)
3	Puente la Plazuela	<i>A. mexicanus</i> (8), <i>P. mexicana</i> (206), <i>C. cyanoguttatum</i> (24), <i>C. labridens</i> (20), <i>G. panuco</i> (12), <i>I. mexicanus</i> (1), <i>O. aureus</i> (1)
4	Pirihuan	<i>C. labridens</i> (137), <i>O. aureus</i> (5), <i>O. mossambicus</i> (1), <i>P. mexicana</i> (32)
5	El Carpintero	<i>A. mexicanus</i> (6), <i>C. labridens</i> (100), <i>C. cyanoguttatum</i> (11), <i>G. panuco</i> (3), <i>O. mossambicus</i> (1), <i>P. mexicana</i> (150), <i>X. montezumae</i> (46).
6	Potrero del Carnero	No se colectaron peces
7	Canoas	<i>A. mexicanus</i> (17), <i>C. labridens</i> (7), <i>G. panuco</i> (5), <i>P. mexicana</i> (42)
8	1ª Cascada de Canoas-Qta. Matilde	No se colectaron peces
9	El Realito	No se colectaron peces
10	Las Zúfigas	<i>A. sallei</i> (4)
11	Arroyo Manzanares	No se colectaron peces
12	Paso de Vaqueros	No se colectaron peces
13	Rascón	<i>A. mexicanus</i> (19), <i>C. labridens</i> (35), <i>P. mexicana</i> (5)
14	Tamasopo	<i>B. labridens</i> (27), <i>D. dichroma</i> (8), <i>P. mexicana</i> (12)
15	Río Verde	No se colectaron peces
16	Río Jalpan	<i>A. mexicanus</i> (28), <i>P. mexicana</i> (96), <i>P. gracilis</i> (21)
17	Río Ayutla	<i>A. mexicanus</i> (21), <i>I. bubalus</i> (4), <i>P. mexicana</i> (161)
18	Río Santamaría	<i>A. mexicanus</i> (4), <i>C. labridens</i> (1), <i>I. mexicanus</i> (1), <i>I. bubalus</i> (1), <i>O. mossambicus</i> (1), <i>P. mexicana</i> (14), <i>P. gracilis</i> (25)
19	Río Conca	<i>A. mexicanus</i> (9), <i>P. gracilis</i> (4)
20	Chubeje	<i>O. mykiss</i> (4)
21	Escanela	No se colectaron peces
22	A. San Salvador de los Ahorcados	No se colectaron peces
23	Oasis	<i>A. mexicanus</i> (22)
24	Estórax	<i>G. gracilis</i> (6)

Entre paréntesis se muestra el número de individuos capturados por especie

Los sitios con una altitud mayor mostraron tener un número menor de especies de peces que los sitios que se localizaron en una altitud menor (coeficiente de correlación de Pearson (P); $F=5.47$, $r=-0.45$)(Gráfica 1). Las especies introducidas mostraron un comportamiento similar en su distribución, aunque resultó débil (P; $F=3.08$, $r=-0.35$) (Gráfica 2). El número de especies de peces en los ríos estudiados varía con respecto a la anchura del río, apareciendo un número mayor de especies en ríos más anchos (P; $r=0.412$) (Gráfica 3).

De manera general, los ríos que no presentaron peces se localizaron por encima de los 1000 m.s.n.m., y en partes altas de los ríos estudiados.

En lo que respecta a los helmintos parásitos encontrados en los peces analizados, se localizó un gran número de especies nativas y otras de amplia distribución. Solo una de las especies, *Bothriocephalus acheilognathi* es considerada como introducida. Esta especie proviene de Asia y es un parásito típico de las carpas. Esta especie se encontró únicamente en hospederos de las especies *Aztecuela sallei* y *Poecilia mexicana*. (Tabla 6).

Al concluir el análisis de las especies de peces y sus atributos ecológicos, se construyó la Tabla 7 que presenta la información sobre diversas características de las especies de peces y con base en ella fue posible realizar el análisis de la ictiofauna década uno de los sitios, con respecto a los parámetros útiles en la conformación del IIB.

Gráfica 2. Número de especies exóticas en función a la altitud de los sitios de muestreo.

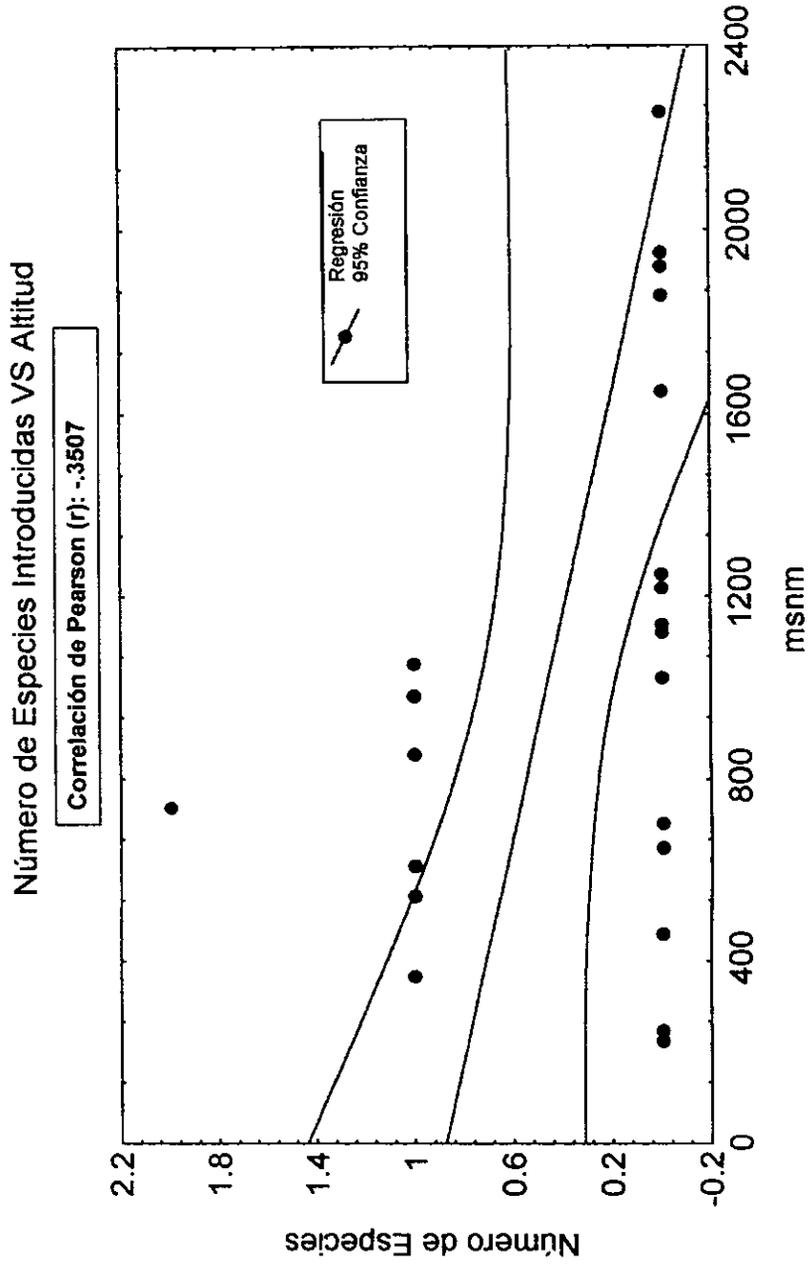


Tabla 6. Relación de parásitos registrados en los peces de las localidades estudiadas.

Sitio	Hospedero	Parásito	Categoría	
F. Sánchez	<i>A. mexicanus</i>	<i>Urocleidoides</i> sp.	N	
		<i>Posthodiplostomum minimum</i>	N	
		<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
Planta /Hacienda	<i>P. mexicana</i>	<i>Saccocoelíodes sogandaresi</i>	N	
		<i>Posthodiplostomum minimum</i>	N	
		<i>Eustrongylydes</i> sp.	N	
		<i>Spiroxys</i> sp.	N	
		<i>Bothriocephalus achaeognati</i>	EX	
P. La Plazuela	<i>I. mexicanus</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	N	
		<i>Clinostomum complanatum</i>	N	
		<i>Contracaecum</i> sp.	N	
	<i>C. labridens</i>	<i>Crassicutis cichlasomae</i>	N	
		<i>Posthodiplostomum minimum</i>	N	
Carpintero	<i>P. mexicana</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	N	
		<i>Contracaecum</i> sp.	N	
	<i>C. labridens</i>	<i>Crassicutis cichlasomae</i>	N	
		<i>Posthodiplostomum minimum</i>	N	
		<i>Contracaecum</i> sp.	N	
		<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
		<i>Contracaecum</i> sp.	N	
Canoas	<i>A. mexicanus</i>	<i>Paramagnivitellinum</i> sp.	N	
		<i>Urocleidoides</i> sp.	N	
	<i>C. labridens</i>	Tethrabortidae		
		<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
		<i>P. mexicana</i>	<i>Metacercaria (Urulifer sp?)</i>	N
		<i>P. mexicana</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	N
			<i>Contracaecum</i> sp.	N
			<i>Urocleidoides</i> sp.	N
1ª. Casc/Qta Mat.	<i>A. mexicanus</i>	<i>Paramagnivitellinum</i> sp.	N	
		<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
		<i>Urocleidoides</i> sp.	N	
Conca	<i>A. mexicanus</i>	<i>Urocleidoides</i> sp.	N	
Oasis	<i>A. mexicanus</i>	<i>Urocleidoides</i> sp.	N	
		<i>Gyrodactylus</i> sp.	N	
		<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
Estórax	<i>G. gracilis</i>	<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
Rascon	<i>A. mexicanus</i>	<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
		<i>Contracaecum</i> sp.	N	
Jalpan	<i>P. mexicana</i>	<i>Clinostomum complanatum</i>	N	
Las Zuñigas	<i>A. sallei</i>	<i>Bothriocephalus achaeognati</i>	EX	
		<i>Rhabdochona</i> sp.	N	
Ayutla	<i>P. mexicana</i>	<i>Metacercaria (Urulifer sp?)</i>		
Tamasopo	<i>C. labridens</i>	<i>Crassicutis cichlasomae</i>	N	
		<i>Contracaecum</i> sp.	N	

"N" indica especie nativa, "EX" indica especie exótica (asiática). *C. complanatum* y *Paramagnivitellinum* sp. son consideradas especies neárticas; *C. cichlasomae* y *Urocleidoides* sp., se consideran especies de origen neotropical. *P. minimum*, *Contracaecum* sp., *Gyrodactylus* sp. y *Eustrongylydes* sp., son especies de amplia distribución.

Tabla 7. Clasificación de las Especies de Peces en Grupos Funcionales y Estructurales.

Familia/Especie	Cat Trófica ^A	Tolerancia ^A	Origen ^A	Posición ^A	Reproducción ^A	Referencias ^B
SALMONIDAE						
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	C	ES	EX	P	O	1
CHARACIDAE						
<i>Astyanax mexicanus</i>	O	T	N	P	O	1,2,5
BRINIDAE						
<i>Dionda dichroma</i>	O	S	E	P	O	1
<i>Aztecula sallei</i>	C	S	E	P	O	1
CYPRINIDAE						
<i>Ictiobus bubalus</i>	O	S	N	B	O	1,4,6,11
LAGURIDAE						
<i>Ictalurus mexicanus</i>	C	S	E	B	O	1,6
CICHLIDAE						
<i>Goodea gracilis</i>	O	T	E	P	V	1
POECILIIDAE						
<i>Gambusia panuco</i>	C	S	E	P	V	1,2,12, 13
<i>Poecilia mexicana</i>	H?	T	N	P	V	2, 6, 8,9,12,14
<i>Poeciliopsis gracilis</i>	O	T	EX	P	V	1,3,6,12
<i>Xiphophorus montezumae</i>	O?	S	E	P	V	1,2,6,12
CICHLIDAE						
<i>Cichlasoma cyanoguttatum</i>	O	T	N	P	O	1,2,5,6
<i>Cichlasoma labridens</i>	O	S	E	P	O	1,6,7,13
<i>Oreochromis mossambicus</i>	O	T	EX	P	O	10,14
<i>Oreochromis aureus</i>	O	T	EX	P	O	10,14

Tabla No. 4. Se muestra la clasificación que se ha dado a los peces según sus atributos ecológicos.

^AOrigen (nativos:N; endémicos: E; exóticos: Ex); Posición (posición en la columna de agua) (bentónicos: B; pelágicos: P); Tolerancia (sensibles: S; tolerantes: T; sensibles exóticas (no incluidos en el parámetro de porcentaje de individuos que son especies sensibles): ES; Categoría Trófica (herbívoro: H; omnívoro: O; carnívoro: C); Reproducción (ovíparo: O; vivíparo:V).

^B Referencias: 1) Datos sin publicar, John Lyons, comunicación personal; 2) Darnell, 1962; 3) Jacobs, 1972; 4) Jester, 1973; 5) Lee et al, 1980; 6) Miller & Smith, 1986; 7) Fernandez-Arias et al, 1991; 8) Tesis Profesional, 1974; 9) Schmitter-Soto, 1998; 10) Bell-Cross & Minshull, 1988; 11) Wischnath, 1993; 12) Koenings, 1989; 13) Miller, 1986; 14) Lyons et. al., 1995.

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y CLASIFICACIÓN DE SITIOS

Se llevó a cabo un Análisis de Distancias Euclidianas para agrupar los sitios de muestreo con base en las similitudes que mostraban en cuanto a los datos fisicoquímicos que presentaron y dio como resultado la conformación de tres grupos a partir de los 24 sitios muestreados (Gráfica 4), uno de ellos integrado por tres sitios, otro por 16 y un último por 5. Los sitios fueron agrupados en cuanto a la mayor similitud que presentaban sus valores para los diversos factores determinados sobre la calidad del agua. Los grupos resultantes de este análisis fueron identificados sobre una gráfica de Análisis de Componentes Principales (ACP) (Gráficas 5A, 5B y 6), a partir de la cual se determinaron los factores de importancia que definían a cada grupo. Se estableció una clasificación de los sitios estudiados en la cual estos fueron ordenados cualitativamente atendiendo a los factores que mostraron valores más elevados para los parámetros determinados dentro de los componentes resultantes.

EL ACP explicó un 65.15% de la varianza entre los datos. Se establecieron 3 componentes principales; de estos, fue el primero el que logró una mayor proporción de la varianza explicada (39.94%). Este componente se encontró determinado principalmente por los siguientes factores: conductividad (coef. = 0.319), salinidad (coef. = 0.331), dureza total (coef. = 0.352), concentración de Ca (coef. = 0.341) y sólidos totales (coef. = 0.339). Los anteriores son factores que pueden variar de acuerdo a las características naturales de cada sitio de estudio por lo que pueden considerarse como no indicadores de alteración antropogénica.

El segundo y tercer componentes explicaron de manera poco significativa la varianza existente (14.72% y 10.49%, respectivamente) entre los sitios. En estos dos componentes, sin embargo, la varianza fue explicada respecto de factores de importancia para detectar la calidad del agua con relación a la influencia antropogénica.

El segundo componente presentó los valores más elevados para los factores: nitratos (coef. = -0.500), grasas y aceites (coef. = 0.318), cadmio (coef. = 0.360), oxígeno disuelto (coef. = 0.359) y fosfatos totales (coef. = 0.313). Aunque la importancia del factor oxígeno disuelto fue grande en este componente, sus valores en los sitios estudiados fueron casi todos satisfactorios y similares presentándose solo un sitio con una diferencia significativa. La variación más importante en este componente se presentó en los valores de nitratos, grasas y aceites, cadmio y fosfatos totales y fueron estos los factores clave para hacer una clasificación adecuada de los sitios estudiados.

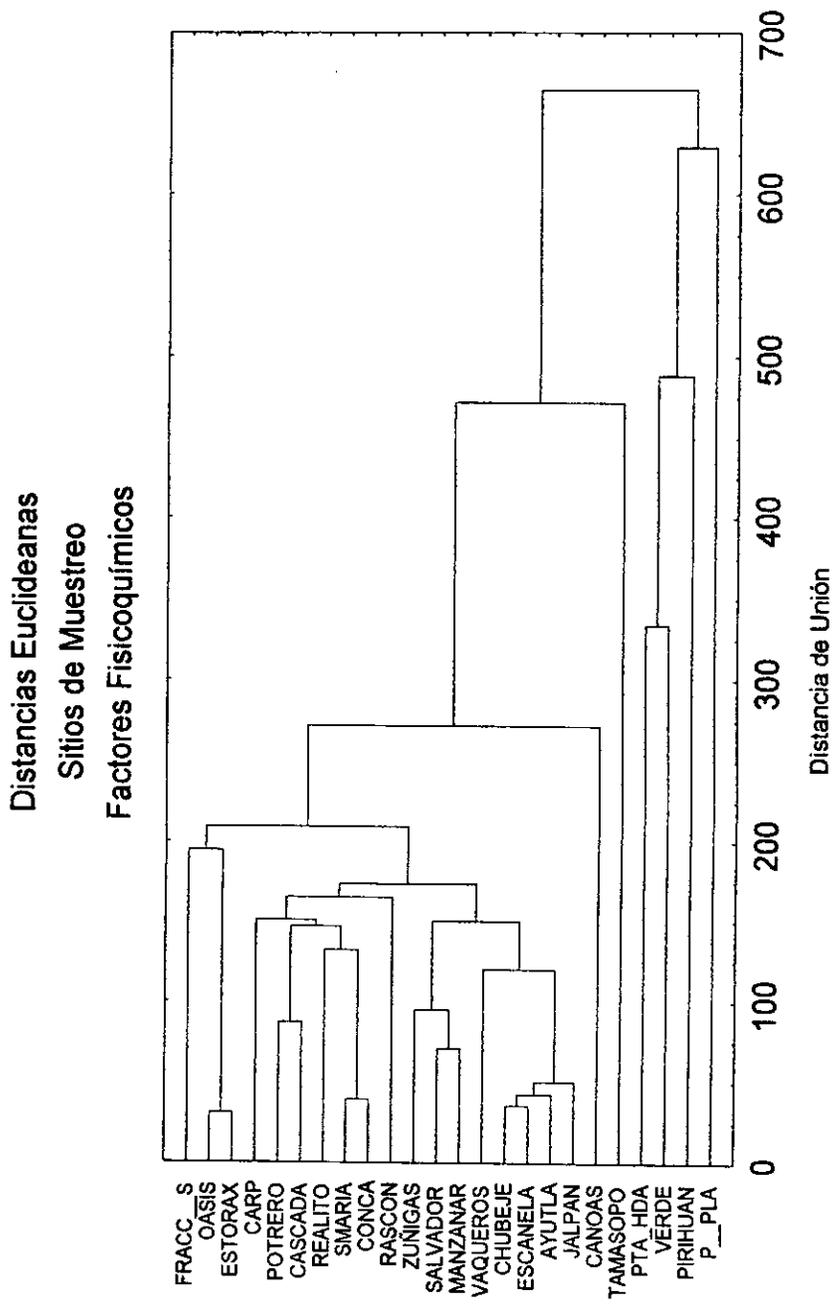
El tercer componente presentó como factores más importantes a la concentración de detergentes (coef. = 0.488), el pH (coef. = 0.577), fierro (coef. = -0.393) y temperatura del agua (coef. = 0.326). De manera semejante a lo realizado en el segundo componente, se estableció que los factores más importantes para determinar la calidad ambiental en este componente fueron los detergentes y el fierro, debido a que los demás factores pueden presentar variaciones como consecuencia de diferencias naturales entre los sitios, y la variación esta dada por solamente un sitio que difiere de los demás, teniendo estos poca diferencia entre sí.

Tomando en cuenta la representatividad del primer componente, se respetaron las agrupaciones de datos que con base en éste fueron establecidas y se procedió a

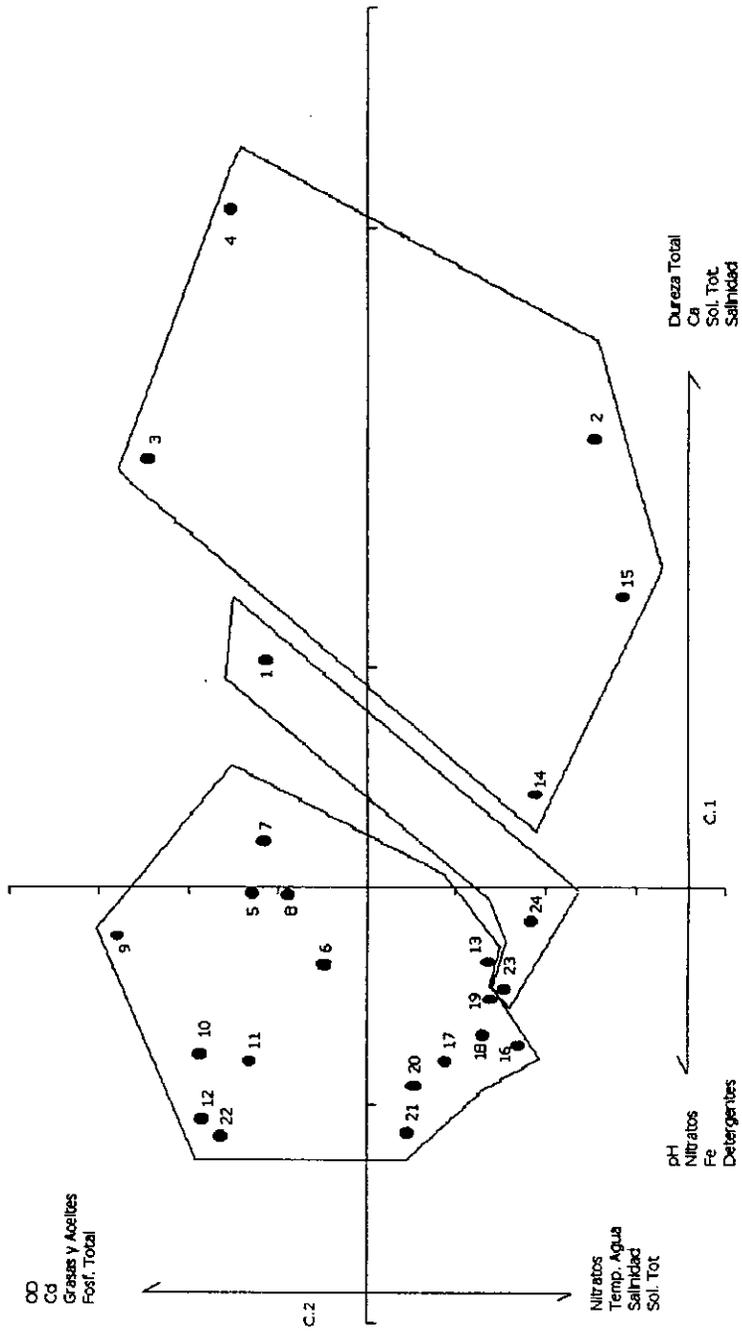
analizar los datos individuales para los factores relevantes en los componentes 2 y 3, para así establecer una clasificación de los sitios, dentro de cada grupo.

Se ha mencionado ya que los componentes 2 y 3 fueron los de mayor importancia para establecer la formación de grupos y la clasificación de los sitios dentro de ellos. Ambos componentes fueron considerados con igual significancia en la explicación de la varianza. Los sitios fueron ordenados con base en el valor que mostraban en cada una de las coordenadas para cada componente. Una vez establecida la posición (e.g. 1°, 3°, 6°) que ocupaba cada sitio en cada una de las clasificaciones de los componentes, se promedió la posición en la clasificación de cada sitio de ambos componentes y se utilizó para, finalmente, obtener un valor que permitiera establecer el lugar de clasificación de cada sitio dentro del grupo formado a partir del primer componente. La localidad La Planta/La Hacienda, presentó valores muy bajos (3.49mg/l) de oxígeno disuelto, un factor importante en la determinación de la calidad del agua, por lo que fue reubicado en la clasificación realizada y pasó del grupo de los sitios con buena calidad a los que presentaban una mala calidad del agua. La consideración de los sitios como "Malos", "Regulares" y "Buenos" se hizo con base en los agrupamientos resultantes en el análisis de distancias euclidianas y el análisis de los datos promediados de cada grupo con el fin de constatar que los valores para los factores de calidad de agua considerados como "desfavorables" fuesen en realidad mayores en los sitios calificados como "malos" y menores en los sitios regulares y buenos. De esta manera, se obtuvo la clasificación que se muestra en la tabla 8, que fue posteriormente correlacionada con la base de datos de peces para establecer las características de las comunidades respectivas a cada grupo.

Grafica 4. Análisis de Distancias Euclidianas realizado para establecer los grupos de sitios a formar en base a similitudes presentadas en los datos.



Gráfica 5 A. Análisis de Componentes Principales. Los puntos indican los sitios de muestreo ordenados con base en las características que presentaron sobre el primer y segundo componentes.



Gráfica 5B. Análisis de Componentes Principales. Los puntos indican los sitios de muestreo ordenados con base en las características que presentaron sobre el primer y tercer componentes.

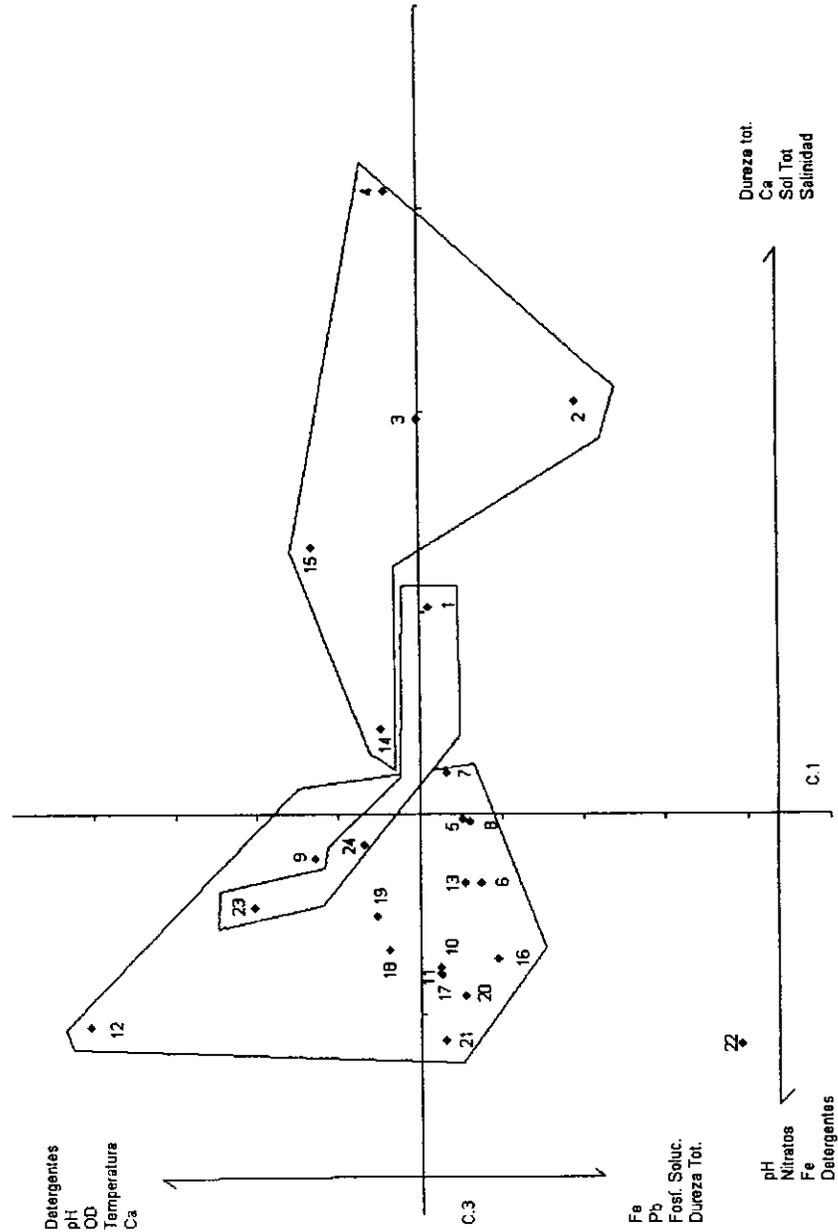


Tabla 8. Tabla de clasificación de los sitios de estudio.

Posición	Sitio No.	Nombre
Sitios "Malos"		
1	23	Oasis
2	24	Estorax
3	1	Fracción Sánchez
Sitios "Regulares"		
4	9	El Realito
5	10	Las Zúfigas
6	12	Paso de Vaqueros
7	8	1ª Cascada Qta. Matilde
8	6	Potrero del Carnero
9	7	Canoas
10	11	Manzanares
11	16	Jalpan
12	20	Chubeje
13	22	San Salvador de los Ahorcados
14	5	Carpintero
15	21	Escanela
16	13	Rascón
17	17	Ayutla
18	19	Conca
19	2	La Planta/La Hacienda
20	18	Santa María
Sitios "Buenos"		
21	3	Puente La Plazuela
22	14	Tamasopo
23	4	Pirihuan
24	15	Río Verde

Clasificación de localidades con base en el ACP realizado sobre datos fisicoquímicos. La separación de grupos se llevo a cabo con base en los resultados obtenidos en un análisis de distancias euclidianas.

El análisis de los factores ambientales que determinaron a cada grupo resultó en una tabla (Tabla 9) que resume los atributos observados en los sitios de una manera general.

Tabla 9. Criterios utilizados para clasificar los sitios en tres categorías. Derivado de Lyons, et. al. (1995).

Clasificación	Atributos sobre la Calidad del Agua y Factores Ambientales.
Sitios "Buenos"	Nivel de agua normal, alto solo en ocasiones. Concentraciones de contaminantes por debajo de la media de los sitios regulares. De manera general no se aprecia una canalización evidente. Cobertura de buffer ripario bien establecida, pocos sitios con influencia de vegetación introducida. Sitios mediana a altamente heterogéneos en cuanto a los tipos de hábitat. Cobertura vegetal extensa en la mayoría de los sitios. No hay basura visible sobre el arroyo.
Sitios "Regulares"	Nivel de agua de bajo a normal. Sitios generalmente por debajo de 0.1mg/l en concentración de detergentes. Algunos sitios con canalización pero en su mayoría sin esta. Presencia de buffer ripario en la mayoría de los sitios, poca influencia de vegetación introducida. Sitios generalmente heterogéneos en cuanto tipos de hábitat dentro del afluente. Ausencia de aguas estancadas, corriente baja a normal. Cobertura vegetal media a alta en la mayoría de los sitios. Baja presencia de basura en el arroyo.
Sitios "Malos"	Nivel de agua generalmente bajo. Concentraciones de detergentes un tanto elevadas (0.55 mg/l) debido a la influencia de las poblaciones humanas cercanas. Niveles de grasas y aceites generalmente superiores a >10mg/l. Presencia de canalización. Buffer ripario prácticamente ausente. Río descubierto o parcialmente descubierto de cobertura vegetal. Baja heterogeneidad del hábitat. Aguas estancadas o con corrientes de baja velocidad. Se presenta generalmente algún tipo de basura en el arroyo.

Una vez establecida la clasificación de los sitios dentro de la cuenca, en un gradiente de calidad de agua, se probaron varios de los parámetros utilizados por Lyons et. al. (1995), en la creación de un IIB para el oeste de México. Los parámetros utilizados se muestran en la Tabla 10. Con base en los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros, se decidió su valor para construir la versión preliminar del IIB para la cuenca del Pánuco.

Tabla 10. Parámetros de la comunidad íctica valorados para su uso dentro del diseño del IIB.

-
-
- Número de Especies Nativas
 - Porcentaje de Individuos de Especies Bentónicas
 - Número de Especies Pelágicas
 - Número de Especies Bentónicas
 - Número de Especies Nativas- Sensibles
 - Porcentaje de Individuos de Especies Tolerantes
 - Porcentaje de Individuos de Especies Exóticas.
 - Porcentaje de Individuos Omnívoros
 - Porcentaje de Individuos de Especies Vivíparas-Nativas
 - Presencia de Parásitos Exóticos
-
-

Se incluyen 8 parámetros utilizados por Lyons et al. (1995) para establecer un IIB en el centro-oeste de México y dos parámetros nuevos propuestos en este trabajo.

El análisis de la comunidad de peces fue realizado sobre cada uno de los sitios estudiados, con base en los criterios de las comunidades establecidos en la Tabla 7. Se determinaron los valores promedio para cada grupo y se corrió una correlación entre la clasificación de los sitios y los valores para cada parámetro utilizado.

De manera clara, los sitios calificados como "buenos" mostraron un mayor número de especies nativas ($F=6.09$, $r=0.551$, $p=0.027$), pelágicas ($F=7.00$, $r=0.57$, $p=0.0019$) y sensibles nativas ($F=10.56$, $r=0.655$, $p=0.0058$) que los otros dos grupos

de sitios. Las especies tolerantes, aunque en promedio mostraron un porcentaje menor en sitios "buenos", no mostraron valores de correlación importantes ($F= 0.51$, $r= -0.19$, $p=0.48$), presentando en algunos casos niveles bajos para algunos sitios "regulares", llegando a estar ausentes en dos de ellos. Los sitios malos observaron una comunidad íctica compuesta exclusivamente por especies tolerantes. Los sitios "malos", no presentaron especies sensibles y estas fueron más numerosas en sitios "regulares" y "buenos"; el número de especies sensibles en los sitios "buenos" fue muy parecido al que apareció en ciertos sitios del grupo de sitios "regulares", aunque dentro de este grupo hubo varios sitios donde este tipo de especies estuvo ausente o se presentó en números bajos, lo que favorece una correlación significativa en cuanto a este parámetro.

El porcentaje de individuos de especies bentónicas fue generalmente muy bajo en los sitios donde se encontraron este tipo de especies. Considerando estos valores en un análisis de correlación, esta resultó no significativa ($F= 1.48$; $r= 0.31$ $p=0.242$). Los porcentajes en ningún caso superaron el 4% de la colecta obtenida en cada sitio y el número mayor de individuos de este tipo de especies en las localidades estudiadas fue de 4 (Ayutla). Solamente en tres de las 24 localidades muestreadas se encontraron especies de peces bentónicas.

Las especies pelágicas se presentaron en mayor proporción en los sitios "buenos", pero su número mayor se encontró en uno de los sitios calificados como "regulares" (Carpintero).

El número de especies bentónicas fue relativamente mayor en los sitios con más alta clasificación que en los otros dos grupos ($F=2.42$, $r=0.38$, $p=0.1416$) de sitios, aunque la correlación establecida no fue significativa.

En los sitios calificados como "malos", no se presentaron individuos de especies exóticas, estas solo se presentaron en sitios "regulares" y "buenos", siendo mayor la proporción de estas en los sitios "regulares" ($F=0.149$, $r=0.193$, $p=0.704$), llegando a registrarse hasta un 100% en una de las localidades de este grupo (Chubeje).

El porcentaje de individuos de especies omnívoras fue bastante mayor en los sitios "malos" ($\approx 100\%$), que en los sitios "regulares" y "buenos", pero mayor en el segundo grupo que en el primero, por lo que los valores de correlación no son significativos ($F=0.41$; $r=-0.017$; $p=0.52$). Causa de ello es el que en todos los grupos se presentaron sitios donde los porcentajes de estos individuos se acercaron al 100%.

El porcentaje de individuos de especies nativas vivíparas fue menor en el grupo de sitios "malos", aunque se presentó un sitio con una comunidad de peces dominada por especies con esta característica ecológica. Los porcentajes que se presentaron en los demás grupos fueron muy similares por lo que la correlación no presenta valores significativos ($F=0.253$; $r=0.133$; $p=0.62$). En los tres grupos se presentó al menos un sitio con valores por encima del 80% de especies vivíparas nativas.

La especie de helminto parásito exótico fue *Bothriocephalus acheilognathi*, que se presentó en dos localidades, en los grupos "bueno" y "regular".

Las características de los grupos referentes a los parámetros determinados fueron establecidas con base en el análisis de las comunidades icticas en cada sitio.

En las tablas siguientes (tablas 11-20), se presentan los valores que presentó cada sitio de muestreo respecto de los parámetros determinados.

Tablas 11- 20. Tablas de valores de cada uno de los parámetros utilizados para elaborar el IIB. (En la obtención de los porcentajes se utilizan solamente las localidades donde se colectaron peces).

Tabla 11. Número de Especies Nativas

Grupo 1	No. Spp. Nativas	Promedio
Oasis	1	1.3
Estorax	1	
F. Sánchez	2	
Grupo 2		
Realito	0	3.1
Zuñigas	1	
Paso vaqueros	0	
Casc. Qta. Mat.	0	
Pot. Camero	0	
Canoas	4	
Manzanares	0	
Jalpan	2	
Chubeje	0	
San Salvador	0	
Carpintero	6	
Escanela	0	
Rascón	3	
Ayutla	3	
Conca	4	
La Planta/HAC	3	
Sta. María	5	
Grupo 3		
Pte Plazuela	6	3.6
Tamasopo	3	
Pirihuan	2	
Río Verde	0	

No. Spp. Nativas: Número de especies nativas localizadas

Tabla 12. Porcentaje de Individuos de Especies Bentónicas-Nativas

Grupo 1	Ind. Bent	Ind. Total	% Ind. Bent	% Promedio
Oasis	0	22	0	0
Estorax	0	6	0	
F. Sánchez	0	128	0	
Grupo 2				
Realito		0		0.6
Zuñigas	0	4	0	
Paso vaqueros		0		
Casc. Qta. Mat.		0		
Pot. Carnero		0		
Canoas	0	71	0	
Manzanares		0		
Jalpan	0	145	0	
Chubeje	0	4	0	
San Salvador		0		
Carpintero	0	317	0	
Escanela		0		
Rascón	0	59	0	
Ayutla	4	186		
Conca	0	13	2.15	
La Planta/HAC	0	140	0	
Sta. María	2	47	4.26	
Grupo 3				
Pte. Plazuela	3	262	1.14	0.3
Tamasopo	0	47	0	
Pirihuan	0	175	0	
Río Verde		0		

Ind. Bent.: Individuos bentónicos; Ind. Total: individuos totales que se colectaron en la localidad

Tabla 13. Número de Especies Pelágicas

Grupo 1	No. Spp. Pel.	Promedio o Valor Mínimo
Oasis	1	1
Estorax	1	
F. Sánchez	2	
Grupo 2		
Realito	0	3.2
Zuñigas	1	
Paso vaqueros	0	
Casc. Qta. Mat.	0	
Pot. Carnero	0	
Canoas	4	
Manzanares	0	
Jalpan	3	
Chubeje	1	
San Salvador	0	
Carpintero	7	
Escanela	0	
Rascón	3	
Ayutla	2	
Conca	2	
La Planta/HAC	4	
Sta. María	5	
Grupo 3		
Pte. Plazuela	6	4.33
Tamasopo	3	
Pirihuan	4	
Río Verde	0	

No. Spp. Pel.: Número de especies pelágicas en cada localidad

Tabla 14. Número de Especies Bentónicas

Oasis	0	0
Estorax	0	
F. Sánchez	0	
Realito	0	0.3
Zuñigas	0	
Paso vaqueros	0	
Casc. Qta. Mat.	0	
Pot. Camero	0	
Canoas	0	
Manzanares	0	
Jalpan	0	
Chubeje	0	
San Salvador	0	
Carpintero	0	
Escanela	0	
Rascón	0	
Ayutla	1	
Conca	0	
La Planta/HAC	0	
Sta. María	2	
Pte. Plazuela	1	0.33
Tamasopo	0	
Pirihuan	0	
Río Verde	0	

No. Sp. Bent: Número de especies bentónicas en cada sitio.

Tabla 15. Número de Especies Sensibles-Nativas

Grupo 1	No. Spp. Nativas Sensibles	Promedio
Oasis	0	0
Estorax	0	
F. Sánchez	0	
Grupo 2		
Realito	0	1.3
Zuñigas	1	
Paso vaqueros	0	
Casc. Qta. Mat.	0	
Pot. Carnero	0	
Canoas	2	
Manzanares	0	
Jalpan	0	
Chubeje	0	
San Salvador	0	
Carpintero	3	
Escanela	0	
Rascón	1	
Ayutla	1	
Conca	0	
La Planta/HAC	2	
Sta. María	3	
Grupo 3		
Pte. Plazuela	3	2.6
Tamasopo	3	
Pirihuan	2	
Río Verde	0	

No. Spp. Nativas Sensibles: Número de especies nativas sensibles.

Tabla 16. Porcentaje de Individuos de Especies Tolerantes

Grupo 1	Ind. Tolerantes	Ind. Total	%	Promedio %
Oasis	22	22	100	100
Estorax	6	6	100	
F. Sánchez	128	128	100	
Grupo 2				
Realito		0		64.7
Zuñigas	0	4	0	
Paso vaqueros		0		
Casc. Qta. Mat.		0		
Pot. Carnero		0		
Canoas	59	71	83	
Manzanares		0		
Jalpan	145	145	100	
Chubeje	0	4	0	
San Salvador		0		
Carpintero	168	317	52	
Escanela		0		
Rascón	24	59	40	
Ayutla	182	186	97	
Conca	13	13	100	
La Planta/HAC	116	140	82	
Sta. María	44	47	93	
Grupo 3				
Pte. Plazuela	239	262	91	45.6
Tamasopo	12	47	25	
Pirihuan	38	175	21	
Río Verde		0		

Ind. Tolerantes: Número de individuos tolerantes, Ind, Total: número total de individuos en el sitio.

Tabla 17. Porcentaje de Individuos de Especies Exóticas

Grupo	No. Indiv. Ex.	No. Tot. Indiv.	%	% Promio
Oasis	0	22	0	0
Estorax	0	6	0	
F. Sánchez	0	128	0	
Grupos				
Realito		0		19.9
Zuñigas	0	1	0	
Paso Vaqueros		0		
Casc. Qta. Mat.		0		
Pot. Camero		0		
Canoas	0	71	0	
Manzanares		0		
Jalpan	21	145	14	
Chubeje	4	4	100	
San Salvador		0		
Carpintero	1	317	0	
Escanela		0		
Rascón	0	59	0	
Ayutla	0	186	0	
Conca	4	13	30	
La Planta/HAC	1	140	0	
Sta. María	26	47	55	
Grupos				
Pte. Plazuela	1	262	0	1
Tamasopo	0	47	0	
Pirihuan	6	175	3	
Río Verde		0		

No. Indiv. Ex: Número de individuos exóticos; No. Tot de Indiv: Número total de individuos en el sitio.

Tabla 18. Porcentaje de Individuos de Especies Omnivoras

Grijón	No. Indiv. Omniv.	No. Total	% Omniv.
Oasis	22	22	100
Estorax	6	6	100
F. Sánchez	126	128	98
Realito		0	39.37%
Zuñigas	0	4	0
Paso vaqueros		0	
Casc. Qta. Mat.		0	
Pot. Carnero		0	
Canoas	24	71	33
Manzanares		0	
Jalpan	49	145	33
Chubeje	0	4	0
San Salvador		0	
Carpintero	164	317	51
Escanela		0	
Rascón	54	59	91
Ayutla	25	186	13
Conca	13	13	100
La Planta/HAC	2	140	1
Sta. María	32	47	68
Pte. Plazuela	53	272	19
Tamasopo	35	47	74
Pirihuan	143	175	81
Río Verde		0	

No. Indiv. Omniv.: Número de individuos de especies omnívoras, No. Total: Número total de individuos colectados en el sitio.

Tabla 19. Porcentaje de Individuos de Especies Vivíparas – Nativas

Grupo 1	No. Ind. Sp. Viv.	No. Total	%	% Prom.
Oasis	0	22	0	33.81%
Estorax	6	6	100	
F. Sánchez	2	128	1	
GRUPO 2				
Realito			0	41.85%
Zuñigas	0	4	0	
Paso vaqueros			0	
Casc. Qta. Mat.			0	
Pot. Carnero			0	
Canoas	47	71	66	
Manzanares			0	
Jalpan	96	145	66	
Chubeje	0	4	0	
San Salvador			0	
Carpintero	199	317	62	
Escanela			0	
Rascón	5	59	8	
Ayutla	161	186	86	
Conca	0	13	0	
La Planta/HAC	138	140	98	
Sta. María	14	47	29	
GRUPO 3				
Pte. Plazuela	218	272	80	41.31%
Tamasopo	12	47	25	
Pirihuan	32	175	18	
Río Verde			0	

No. Ind. Sp. Viv.: Número de individuos de especies vivíparas; No. Total: Número total de peces colectados en el sitio.

Tabla 20. Presencia de Parásitos Exóticos

Grupo	Estaciones	Parásitos Exóticos
Oasis		0
Estorax		0
F. Sánchez		0
Crías		
Realito		0
Zuñigas		1
Paso Vaqueros		0
Casc. Qta. Mat.		0
Pot. Carnero		0
Canoas		0
Manzanares		0
Jalpan		0
Chubeje		0
San Salvador		0
Carpintero		0
Escanela		0
Rascón		0
Ayutla		0
Conca		0
La Planta/HAC		1
Sta. María		0
Ciudad		
Pte. Plazuela		0
Tamasopo		0
Pirihuan		0
Río Verde		0

Los valores obtenidos en las tablas comparativas entre grupos y las correlaciones que se llevaron a cabo en la mayoría de los parámetros de la comunidad de peces analizados, permitieron establecer los criterios de clasificación para cada uno de los sitios de estudio (Tabla 21) y se procedió a la elaboración del IIB para los sitios estudiados. Estos criterios fueron comparados con los valores y dependiendo de los valores que adquiriera cada sitio en cuanto a los parámetros establecidos se otorgó una puntuación (0,5, ó 10) para establecer, al formar un total de las calificaciones parciales de cada parámetro, una calificación total para el sitio de muestreo. Esta calificación corresponde a la obtenida en el IIB y se presenta en el anexo 2 para cada sitio.

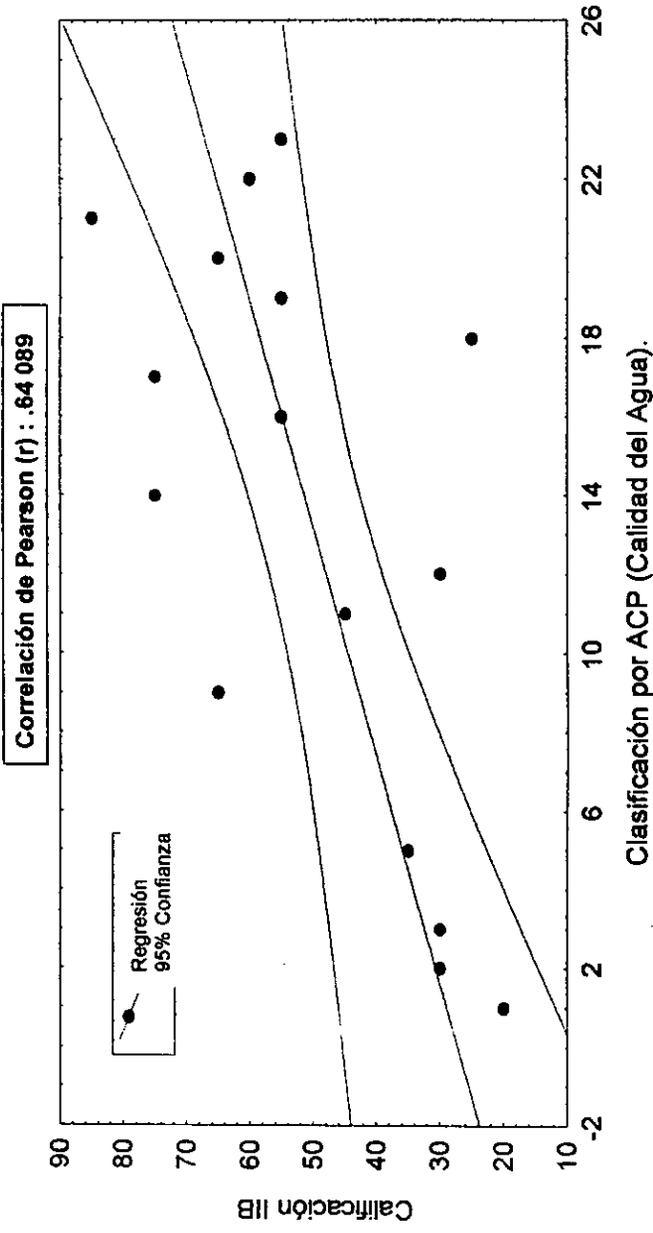
Tabla 21 . Criterios de calificación de los parámetros utilizados para calcular el IIB para ríos de la cuenca del Río Pánuco.

Parámetro	Criterios para Otorgar Calificación		
	Malo (0)	Regular (5)	Bueno (10)
Número de Especies Nativas	0-1	2	≥3
Individuos Bentónicos Nativos(%)	0	1	>1
Número de Especies Pelágicas	1	2—3	>3
Número de Especies Sensibles	0	1—2	>2
Individuos de Especies Tolerantes (%)	65<	45--65	<45
Individuos de Especies Exóticas (%)	20<	4—20	≤3
Individuos Omnívoros (%)	95<	60--95	<60
Individuos Vivíparos Nativos (%)	35>	35—40	>40
Presencia de Parásitos Exóticos	1≤	---	0
Número de Especies Bentónicas	0	1	≥2

La clasificación de los sitios obtenida a partir del análisis de los datos fisicoquímicos fue correlacionada con los valores obtenidos para cada sitio de muestreo en base al cálculo del IIB y se obtuvo una correlación significativa entre los valores obtenidos en ambos análisis. El valor de la correlación fue igual a $r = 0.640$ (significativo) y se muestra en la Gráfica 7.

Gráfica 6. Correlación entre la clasificación de sitios obtenida a partir del Análisis de Componentes Principales sobre datos fisicoquímicos y la calificación para cada sitio siguiendo los atributos determinados en el IIB.

Correlación entre Clasificación ACP y Calificación IIB



Nota. Los valores de clasificación de los sitios sin peces han sido eliminados, pero se ha respetado la clasificación original de los sitios con base en el arreglo del ACP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta versión preliminar de un Índice de Integridad Biótica para la cuenca del Río Pánuco se utilizaron 10 parámetros de clasificación. Ocho de estos fueron tomados del IIB generado por Lyons et al. (1995) para ríos y arroyos en el oeste de Jalisco; los otros dos, número de especies bentónicas y presencia de parásitos exóticos, fueron sugeridos por este autor para la elaboración de IIBs en México, considerando que juegan un papel significativo dentro del marco conceptual de la integridad biótica. Dos parámetros citados por los mismos autores en su trabajo (1995), porcentaje de especies enfermas y número de peces por media hora de muestreo, no fueron utilizados debido a que no fueron establecidos en las colectas realizadas. Como se ha mencionado, se realizaron esfuerzos de captura continuamente hasta que dejaron de aparecer especies nuevas o la proporción de especies en las capturas sucesivas fue uniforme. Por otra parte, en el campo no se observaron peces con deformidades.

El número de especies bentónicas, fue utilizado en vista de los bajos porcentajes de individuos de especies con esta característica que se colectaron en los sitios de estudio. La presencia de una o dos especies bentónicas podría ser más útil al definir un sitio con buena integridad biótica que el porcentaje (que presenta valores bajos, en todos los casos) de individuos de estas especies; en el parámetro número de especies bentónicas fue posible encontrar una correlación significativa con la clasificación de los sitios con base al análisis de la calidad ambiental que no se presentó en el parámetro porcentaje de individuos de especies bentónicas. Las especies bentónicas han sido citadas en otros trabajos como indicadoras de la calidad ambiental, pues dependen

mucho de un cierto tipo de sustrato y tipo de alimentación (Lyons et al., 1995; Lyons, 1999; Simon & Lyons, 1995). En las colectas aparecieron solo dos especies bentónicas: *Ictalurus mexicanus* e *Ictiobus bubalus*. De manera general, las especies de Catostómidos (*I. bubalus*) e Ictalúridos (*I. mexicanus*) pueden no estar bien representadas en zona altas y en ríos pequeños (Bart & Suttkus, 1998), por lo que este parámetro puede ser útil únicamente en ríos más bajos. Por otro lado, en la zona de estudio de este trabajo, solo existe una especie para cada familia registradas hasta la fecha en la zona, lo cual significa basar el parámetro del IIB en la presencia de una sola especie, situación que podría cambiar por variación en los factores naturales (ausencia natural, falta de un hábitat propicio). De manera general, un índice de esta naturaleza no debe basarse en la presencia o ausencia de una sola especie, debido a la gran variedad de factores que pueden determinar el que la especie se presente en un sitio dado. Las características naturales de los ríos donde se encontraron este tipo de especies pueden ser significativas para explicar su presencia. Generalmente, las especies bentónicas no aparecen en ríos jóvenes pues el sustrato puede no ofrecer lugares de escondite o alimentación requeridos por estas especies. Los sitios buenos son, en su mayoría, sitios con sustratos medianos o finos, y vegetación sumergida, donde este tipo de especies puede desarrollarse. Su presencia puede obedecer entonces a factores naturales que pueden no estar directamente asociados a un cierto tipo de degradación.

La presencia de parásitos exóticos tiene un alto grado de importancia dentro del marco conceptual de la integridad biótica de un sistema por implicar una modificación en los componentes bióticos que componen la comunidad. Es claro que la presencia de

una especie de parásito de este tipo en el sistema, supone la introducción de una especie de hospedero también exótica al mismo, pudiendo este presentarse ó no en las colectas realizadas. Los parásitos han sido citados en más de una ocasión como indicadores potenciales de la calidad ambiental por la variedad de formas de respuesta que tienen ante la degradación ambiental antropogénica (Sures, et al., 1998, Mackenzie, et al., 1995; Lafferty, 1997). Aunque las interacciones entre el medio ambiente y los parásitos son muy complicadas y de difícil interpretación ante la gran cantidad de factores a los que están sujetas (Sures et al., 1998), la presencia de especies exóticas puede ser relevante y útil para la valoración de la calidad ambiental. En este trabajo, se registró una sola especie de parásito exótico: *Bothriocephalus acheilognathi*, que se relacionó con una reducción en la integridad biótica de los sitios donde se encontró. Es interesante que esta especie, típica de la carpa, fue localizada en dos especies nativas para México, *Poecilia mexicana* y *Aztecula sallei*, lo cual indica que el parásito ha utilizado hospederos nuevos y se ha extendido a otras especies. La expansión de este parásito supone no sólo el que los nuevos hospederos puedan quizá ver sus poblaciones afectadas, o su capacidad reproductiva, sino que las especies de parásitos nativas de estas especies de peces, puedan ser desplazadas por la presencia de la especie introducida. La presencia de *B.acheilognathi* en *P. mexicana* se registró en una localidad donde se presentó también una especie de pez exótica, *Oreochromis mossambicus*, de donde pudo haberse iniciado la transmisión a la especie nativa; en el otro caso, sin embargo, *A. sallei* fue localizada como la única especie conformando la comunidad íctica en Las Zuñigas y con presencia de *B. acheilognathi*; esto implica la posible presencia de peces exóticos en este sitio y de los hospederos intermediarios

para poder establecer la helmintiasis. Un análisis sobre esta comunidad permitiría conocer mejor el origen de la infección registrada.

Los diez parámetros utilizados han resultado de un valor considerable en la cuenca del Pánuco. Estos han sido recomendados y utilizados en el desarrollo de otros IIB para lagos y ríos por Lyons (com. pers.) y otros autores (Karr, 1981; Karr, 1991). Se tomaron como base los parámetros utilizados en el oeste de México debido a que las condiciones geográficas de ambas regiones, si no iguales, presentan si algunas condiciones similares, como un gradiente altitudinal diverso. Algunos de los parámetros utilizados, pueden, en un futuro, ser eliminados o reemplazados por otros que sean más sensibles a las condiciones de las comunidades de peces en esta cuenca. Es necesario mencionar que los parámetros utilizados en las distintas versiones de IIB para diferentes regiones en el mundo, han sido adaptadas a las condiciones locales.

De manera general, los parámetros utilizados permitieron establecer un IIB que mostró una correlación significativa con la clasificación de los sitios hecha sobre la calidad del agua y la calidad ambiental. Los criterios de calificación utilizados para cada sitio en la determinación de su integridad biótica dentro del IIB se basaron de manera general en los promedios que mostraron en los grupos ó en los valores mínimos que se presentaron en cada uno de estos. Cabe señalar que algunos de los sitios estudiados no presentaron la consistencia entre los valores obtenidos en una clasificación y la otra. El sitio Conca, por ejemplo, obtuvo un valor alto en el análisis de la calidad del agua, obteniendo el valor 18 en la clasificación, pero sus valores dentro del IIB son bajos (25 puntos). La colecta en este sitio de muestreo se compuso de únicamente dos especies, *Astyanax mexicanus* y *Poeciliopsis gracilis*, cuyas características biológicas atribuyen,

bajo los parámetros utilizados, una baja integridad biótica. Por una parte, *A. mexicanus* es una especie de amplia distribución, tolerante y relativamente abundante en los ríos estudiados, por otra, *P. gracilis* es una especie introducida. Este sitio se ubica cerca de la población que lleva el mismo nombre, en el estado de Querétaro. El sitio se encuentra dentro del río Santa María cerca de la confluencia con el río Ayutla. Hay otros dos sitios cercanos a esta localidad (Ayutla y Santa María) que presentaron valores del IIB altos en comparación (75 y 65, respectivamente) y donde las características de las comunidades de peces fueron bastante distintas. Las razones por las cuales la comunidad íctica en esta localidad representó una baja integridad biótica, no son claras y es preciso observar las características de la comunidad de peces y los demás parámetros determinados en una época del año diferente para observar posibles cambios (y mejoras) en el valor que puede ser obtenido en el IIB.

En otras versiones de Ibis (e.g. Lyons et al, 1995) se realizan cálculos sobre el área de cuenca u otras variables naturales en relación con algunas características de la comunidad de peces (e.g. número de especies nativas, número de especies pelágicas, Lyons et al, 1995). Este cálculo se utiliza para ajustar los valores esperados en algunos de los atributos de las comunidades de peces, dependiendo de los factores naturales analizados. En el presente trabajo, este ajuste no se ha llevado a cabo debido a que el muestreo se ha realizado en una sola época del año y algunos parámetros ambientales no fueron determinados, de tal manera que las características de las comunidades de peces y los valores esperados al diseñar el IIB son las mismas para todos los sitios estudiados. Además, la baja cantidad de sitios con "mala" calidad y el bajo número de

especies que aparecen en la mayoría de las localidades son factores que han contribuido a no establecer un ajuste, pues no existen elementos para llevar a cabo una comparación. Se reconoce sin embargo, que este ajuste puede ser una fuente potencial de modificación al IIB que aquí se presenta y que ayudará en gran medida a hacer de este un IIB más sensible a los factores existentes en la comunidad de peces.

Los sitios con mejores características ambientales y de calidad de agua, mostraron tener una fauna integrada por un alto número de especies nativas, nativas sensibles y pelágicas, factores que han sido utilizados como descriptores de sitios con una integridad biótica alta (Lyons, et al., 1995). Los sitios que presentaron una baja integridad biótica, en comparación, tuvieron un número bajo de especies nativas y una proporción baja de especies pelágicas de una manera general. En los sitios agrupados dentro del rango de calidad regular, encontramos situaciones en que los ensamblajes de las comunidades de peces apuntaban a niveles de integridad biótica que no necesariamente definían una situación intermedia, sino que se asemejaban más a los sitios con alta o baja integridad biótica.

En 8 de los sitios regulares no fue posible calcular el IIB debido a que no se encontraron peces en los esfuerzos de colecta. La presencia de estos sitios no supone forzosamente que exista un desequilibrio en la integridad biótica del sistema; puede ser posible que la característica natural de algunos de estos afluentes sea de ausencia de especies de peces para la época del año en que se llevó a cabo el muestreo. Es necesario, en estos casos, el análisis de las comunidades en temporadas diferentes y la aplicación de otras técnicas de biomonitoreo, otras técnicas de muestreo, un

esfuerzo de captura mayor e inclusive un IIB basado en otros grupos biológicos, para poder valorar la integridad biótica del sitio de manera adecuada.

La presencia de sitios con buena o mala integridad biótica con base en el análisis de la comunidad íctica dentro del grupo intermedio, puede obedecer a que la caracterización inicial sobre la calidad del agua de los diversos sitios, se llevó a cabo con base en un análisis de características puramente fisicoquímicas y no incluyó a otros factores importantes en la definición de la calidad ambiental de cada uno de los sitios (aunque estos fueron observados y tomados en cuenta posteriormente para el análisis de calidad ambiental), de manera que pueden existir algunos atributos que podrían favorecer el que algunos de los sitios cambiaran de lugar dentro de la clasificación establecida pero estos no fueron analizados en el análisis de componentes principales realizado.

Es necesario apuntar también que las diferencias entre las características de las comunidades de peces en los diversos sitios pueden deberse a factores naturales que se encuentren determinando su distribución y no exclusivamente a causas de degradación ambiental. Se estableció que en sitios más anchos y de menor altitud, se encontraron un mayor número de especies nativas y nativas sensibles que en sitios de mayor altitud; las diferencias en las comunidades de peces pueden deberse a estos dos factores o a la combinación de estos con algunas causas de degradación ambiental. Es posible que la baja riqueza ó ausencia de peces en algunas localidades se deba a la presencia de factores naturales que pueden impedir que las especies colonicen un cierto tipo de arroyo. Otro factor importante que puede ayudar a explicar la

ausencia de peces en algunas localidades, aunque la calidad de agua sea buena, es que sean sitios pequeños (con anchura promedio baja), con una profundidad que limite la presencia de especies. El valor de estos factores sobre la distribución de las comunidades de peces deben ser evaluados, con el fin de lograr diferenciar cuando la presencia o ausencia de una especie puede deberse a factores naturales y cuando obedece a la degradación de origen antropogénico.

Como indican los valores de las correlaciones de los parámetros determinados, hay algunos que pueden no ser muy indicativos de las condiciones de degradación ambiental de los sitios estudiados; es necesario establecer un mayor número de sitios de muestreo para reevaluar la validez de estos, o hacer modificaciones a estos de manera que demuestren de una manera clara, las diferencias en la integridad biótica de sitios comparados. Tres parámetros demostraron ser importantes en este sentido, el número de especies nativas, nativas sensibles y pelágicas. Estos tres parámetros han sido mencionados en otras ocasiones como componentes importantes de IIBs (Karr, 1981; Lyons, et al., 1995; Lyons, 1999) y en el presente trabajo también han resultado serlo. Al observar las correlaciones obtenidas entre la altura del sitio de muestreo y el número de especies en los ríos, y la anchura de los ríos con el número de especies, pueden, los parámetros antes mencionados, presumirse sensibles a las diferencias naturales expresadas por estos dos factores, y aunque valiosos para determinar el grado de degradación que se ha tenido sobre las poblaciones de peces, no es del todo definitivo. En ríos más anchos y de menor altitud se presenta un mayor número de especies de peces. De una manera general los sitios agrupados entre los sitios buenos, se presentan en posiciones más bajas de la cuenca que los ríos clasificados como

regulares y malos. Es claro que, dadas las diferencias climáticas que presenta nuestro país, en sitios altos, ubicados, en este caso, en zonas con poca precipitación, el número de especies nativas puede ser menor que en sitios donde existe una recarga importante de los ríos, en zonas bajas.

El porcentaje de individuos de especies tolerantes y el número de especies tolerantes, pese a tener una importancia teórica alta, no muestran, en los resultados de este trabajo, una correlación significativa con la clasificación obtenida en el análisis de calidad ambiental. Esto se debió a que, en el primer parámetro, las especies tolerantes tuvieron una presencia importante en toda la cuenca y en el segundo, a que existen sitios donde el porcentaje de individuos sensibles ha disminuido como consecuencia de una baja en los niveles de agua o a que la composición de la comunidad presenta, como característica normal a la cuenca, una proporción alta de individuos tolerantes. Los sitios categorizados como "malos" en cuanto a la calidad del agua, mostraron una comunidad íctica compuesta exclusivamente por especies tolerantes, esto puede deberse a, en efecto, niveles de contaminantes u otras sustancias que impidan la presencia de especies sensibles, o a que estos sitios se encuentren en regiones donde los ríos atraviesan desiertos u otras zonas con condiciones extremas, donde solo pueden desarrollarse este tipo de especies.

La presencia de individuos de origen exótico supone un obvio desequilibrio en la integridad biótica de un sistema. Su inclusión en un IIB en un país como el nuestro, donde un número significativo de especies exóticas han sido introducidos a diferentes cuerpos de agua con fines de acuicultura, es de gran importancia. En este trabajo,

fueron los sitios con una baja calidad de agua los que no presentaron especies exóticas y los sitios "regulares" y "buenos" presentaron, muchas de ellas, al menos un individuo de alguna especie exótica. El porcentaje de individuos de especies exóticas en sitios "buenos" no fue alto en ningún caso, pero si se presentaron en casi todos los sitios del grupo. Puede ser que los sitios "malos" no presentaran este tipo de especies debido a que las condiciones de los mismos representarían una presión demasiado fuerte para estas especies. Otra posibilidad para explicar su ausencia es que estos sitios se encontraban en zonas donde el acceso para estas especies es imposible de no ser por introducción directa del hombre, situación poco factible pues los sitios no presentaban las condiciones para favorecer la acuicultura. Las proporciones de individuos de algunas especies exóticas, (*P. gracilis* y *Oncorhynchus mykiss*) fueron altas en muchos de los sitios regulares. *Oreochromis mossambicus* y *O. aureus* cuando presentes, lo hicieron en niveles bajos. Un sitio, Chubeje, que presentó una comunidad íctica completamente dominada por *O. mykiss*, se localizó en una zona alta, con inclinación significativa y con una temperatura de agua mucho más baja que la que se encontró en el resto de la cuenca (16.9°C). La calidad de agua en este sitio fue bastante buena. *O. mykiss* ha sido introducida con fines de acuicultura en diversos cuerpos de agua del país, pero entre las condiciones naturales que requiere para sobrevivir se encuentra una buena calidad de agua y temperatura fría. Es posible que la fauna íctica de esta localidad fuese muy pobre por las condiciones antes mencionadas y que se haya introducido *O. mykiss* en un esfuerzo por fomentar la acuicultura en el lugar. La presencia de esta especie, entonces, puede suponer sí un impacto sobre la integridad

biótica del sitio, pero quizá no una baja calidad del agua, o un deterioro de la calidad ambiental en general.

Al igual que otros parámetros, el número de especies pelágicas puede encontrarse parcialmente determinado por algunos factores naturales como la altitud y en ancho de río. La mayoría de las especies colectadas son pelágicas y tal como sucede con las especies nativas respecto de los dos factores naturales de distribución (altitud y anchura), la presencia de las especies pelágicas puede estar parcialmente determinada por factores naturales no relacionados con la reducción de la integridad biótica.

El número de especies omnívoras y vivíparas-nativas puede ser igualmente sensible a las diferencias naturales entre los sitios. Pero de manera general, para el primer parámetro, los valores en cada sitio demostraron que el número de individuos omnívoros era mucho mayor en sitios malos, donde la diversidad de hábitats era baja y no se presentaba vegetación riparia incipiente y, por consiguiente, se reducían las fuentes de alimento o sustrato para especies con otro modo de alimentación. Dicha reducción puede deberse a la introducción de especies vegetales alóctonas al sitio, a la pérdida de tipos de sustrato como consecuencia de la canalización. No se elimina la posibilidad de una diferencia natural entre los sitios respecto de la cobertura de vegetación y número de hábitats presentes. Es necesario hacer notar que el grupo de sitios "buenos" mostró un porcentaje mayor de individuos de especies omnívoras que el grupo de sitios "regulares".

En cuanto al porcentaje de individuos de especies vivíparas, es necesario mencionar que, al igual que en otros trabajos similares (Lyons, et al., 1995), las mejores condiciones ambientales pueden asociarse con la presencia de especies vivíparas. Las diferencias en los valores que se encontraron en este trabajo no son significativas, y los sitios regulares y buenos tienen valores muy similares. Es necesario extender el muestro a sitios con mayor degradación para observar si los porcentajes de individuos de este tipo de especies cambian de manera drástica y poderle establecer como un indicador más sensible.

Recomendaciones para el uso futuro de este IIB

El mismo marco conceptual que se utilizó para la elaboración del IIB en el oeste de México (Lyons, et al., 1995) parece ser válido, en lo general, para el este del país, en una cuenca con la gran diversidad de hábitats y de la importancia que reviste la del Río Pánuco. A partir de este trabajo y siguiendo una secuencia de diseño y prueba sucesivos, como se requiere para el establecimiento de un IIB para toda la región, es necesario apuntar algunas recomendaciones y puntos a seguir.

Se requiere, inicialmente, de probar los parámetros aquí utilizados para otros afluentes en la misma cuenca, en los que se establezca ó haya sido establecida una evaluación ambiental basada en otras técnicas de monitoreo, para así comparar los valores aquí obtenidos y determinar la validéz de los parámetros. Los parámetros, y/o los valores con que se establecen las calificaciones de los sitios, pueden ser modificados o reemplazados por otros que, más adelante, puedan representar con

mayor sensibilidad las condiciones que se deben de observar en la integridad biótica de los ríos de la cuenca del Pánuco.

Los sitios que, a partir del análisis de características fisicoquímicas, fueron determinados como "malos", fueron poco numerosos y en general de una altitud superior a los otros dos grupos de sitios. Inclusive, dentro del grupo de sitios "regulares", la mayoría de estos mostró características favorables de calidad ambiental. Es necesario extender el número de sitios tanto en número, como en la variedad de condiciones naturales que presentan para poder hacer la determinación de un IIB mucho mas sensible a la existencia de degradación ambiental y, quizá, no tan sujeta a cambios naturales. Los valores obtenidos para los diversos factores fisicoquímicos determinados no mostraron, en los sitios, condiciones realmente malas de calidad. Los valores de calidad de agua fueron por lo general buenos y no se presentaron modificaciones hidrológicas o de hábitat drásticas. Esto puede ser una de las causas de la variación en los resultados de este trabajo al no tener un gradiente amplio de calidad ambiental sobre la cual diseñar el IIB. Es necesario ampliar el muestreo a sitios donde existan impactos obvios sobre la calidad ambiental y tener estos, y las características de su ictiofauna como una de las bases sobre las cuales mejorar el IIB que en este trabajo se sugiere.

Sería interesante además, realizar estudios históricos sobre las comunidades de peces con el fin de comprender la distribución de las especies y sus abundancias (cuando estos datos estén disponibles), y poderles relacionar con los cambios ambientales que han sucedido en las cuencas (tanto de origen natural como los producidos por actividades antropogénicas) y establecer las condiciones que

presentaban los afluentes antaño y los efectos que los cambios han tenido sobre la ictiofauna.

La aplicación de este Índice de Integridad Biótica sobre otra serie de datos independientes para la región, u otros ríos dentro de la cuenca del Pánuco, permitirá establecer su validez y sensibilidad y permitirá hacer los cambios pertinentes para hacerle de mayor confiabilidad. Si esta aplicación puede realizarse sobre colectas que se encuentren bien documentadas respecto de algún factor de degradación de origen antropogénico y puede observarse un cambio en la ictiofauna, el resultado será valioso pues podrá establecerse el grado en que la integridad biótica del sistema ha sido afectada.

Es además necesario, generar más información sobre la biología de los peces de la región para poderles considerar dentro de uno o otro grupo funcional o estructural (Tabla 7) y poderles utilizar en la calibración futura de este IIB y de otros generados a partir del presente.

Se ha mencionado ya la importancia de diversos factores naturales sobre la distribución natural las especies de peces y se mencionó también que el número de especies nativas y el número de especies sensibles son algunos de los parámetros del IIB que podrían ser influenciados por tales diferencias naturales entre los sitios de muestreo, por lo que es necesario generar información sobre diversos factores ambientales y su injerencia sobre la distribución de las especies y la composición de la comunidad íctica. Específicamente, la geomorfología, el tipo de vegetación, diversidad de hábitats, temperatura del agua, área de cuenca, tamaño del río y altitud deben ser evaluados como fuentes naturales de diferencias en la comunidad de peces (Lyons, et

al. 1995). Al establecer estas diferencias, será posible determinar la variación en la comunidad de peces que es fruto de patrones naturales y aquella que es causada por la degradación ambiental.

Aplicación del IIB

Ante la incipiente degradación de los cuerpos de agua epicontinentales que ha sufrido nuestro país, los Índices de Integridad Biótica pueden brindar beneficios en más de una dirección. Se ha remarcado la aplicación que tienen como un complemento ó alternativa a otras metodologías de monitoreo ambiental y valoración de la degradación ambiental. Los IIB pueden además, sentar el marco teórico sobre el cual establecer procedimientos de conservación o restauración de biodiversidad a sus tres escalas: genética, específica y ecosistémica (Angermeier & Karr, 1994).

Por otra parte, los IIB permiten identificar los sitios dentro de una cuenca donde las estrategias mencionadas son urgentes o tienen un mayor potencial de éxito al ser implementadas.

La aplicación de este IIB preliminar en ríos de la cuenca del Pánuco puede ser útil en todos estos aspectos, pero precisa de ser mejorado en varias áreas que de una u otra manera, han sido mencionadas a lo largo de este trabajo.

Aunque el presente IIB resulta una herramienta útil y relativamente sencilla para valorar la calidad ambiental de los ríos en la cuenca estudiada, es necesario mencionar que no pretende suplir otras estrategias de biomonitoreo y valoración ambiental e invita a crear índices utilizando otros grupos biológicos, que puedan evaluar la calidad ambiental en sitios donde este resulte insensible. Habrá muchos sitios dentro de la cuenca, donde debido a la presencia de una sola especie de pez o la ausencia total de

especies del mismo grupo en los ríos, la valoración deba ser llevada a cabo analizando otros grupos biológicos: plancton, crustáceos, anfibios, moluscos, vegetación, etc. La metodología aplicada para la elaboración de este IIB puede ser utilizada para crear índices con base en otros grupos.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos y el análisis de los mismos se puede concluir que:

- Las comunidades de peces tienen gran importancia en el biomonitoreo de la integridad biótica, como una medida de la calidad ambiental en ríos de la Cuenca del Pánuco.
- Los parámetros utilizados para la construcción de la presente versión preliminar de un Índice de Integridad Biótica, son útiles para la determinación de la calidad ambiental de los ríos en la región estudiada del país. Se establecen algunos parámetros que pueden ser modificados o sustituidos en versiones futuras de IIB para esta cuenca.
- Se establece un Índice de Integridad Biótica preliminar para evaluar la calidad ambiental y ayudar en la conservación de la integridad biótica y la biodiversidad en la Cuenca del Río Pánuco.
- Los parámetros utilizados por Lyons et al. (1995) para el oeste de México, son, en su mayoría, útiles también en la elaboración de un IIB para el este de México y pueden ser utilizados en otras cuencas.
- La presencia de parásitos exóticos dentro de las comunidades de peces puede ser un parámetro útil en la determinación de la integridad biótica de ríos en nuestro país.
- Se requiere de mayor información sobre sitios con mayor degradación para estudiar el gradiente completo de condiciones de las comunidades de peces en diversas

condiciones ambientales. Además se requiere de mayor información sobre los atributos biológicos de varias especies de peces para poder mejorar la presente versión del IIB.

- Es necesario evaluar el peso que tendrían las diferencias naturales sobre la distribución de las comunidades de peces.

ANEXOS

ANEXO 1

En la Tabla 5 se presentan varias de las características ecológicas de las especies con que se trabajó, en este anexo se presenta alguna información adicional.

Cyprinidae

Dionda dichroma

La carpa bicolor es una especie endémica al Río Pánuco (Espinoza. et. al, 1993).

Aztecula sallei

La carpa azteca es endémica de las cuencas de los ríos Pánuco, Lerma-Santiago y Balsas (Espinoza. et. al, 1993).

Catostomidae

Ictiobus bubalus

Esta especie se distribuye desde el Mississippi hasta Coatzacoalcos (Espinoza. et. al, 1993). Habita en canales y pozas de río de todo tamaño (Page L.M. et.al., 1991). Se reproduce de Marzo a Septiembre a temperaturas que oscilan entre los 15.5-27°C. Tiene una fecundidad de 18 200 - 525 000 huevecillos. Se alimentan de ostrácodos, y larvas de Díptero. Generalmente se alimentan en el fondo de los ríos (Lee D.S. et. al., 1980).

Characidae*Astyanax mexicanus*

Es una especie cuya distribución original se ubica en los estados de Arizona y Texas en E.U. Se desconoce su estatus de conservación CITES (Espinoza, et al.,1993). Habita en pozas con fondos rocosos o arenosos en ríos de todo tamaño y manantiales (Page & Burr, 1991). Emigra estacionalmente huyendo de las bajas temperaturas; las poblaciones en el N.E. de México son omnívoras con algas filamentosas, restos de plantas superiores e insectos como componentes principales de la dieta (Lee D.S. et.al., 1980).

Ictaluridae*Ictalurus mexicanus*

Esta especie es endémica del Río Pánuco, y se desconoce su estatus de conservación país (Espinoza. et. al, 1993).

Salmonidae*Oncorhynchus mykiss*

Es una especie exótica originaria de Norteamérica que se ha utilizado de manera importante en la acuicultura en todo el mundo. Es una especie de aguas frías, claras y bien oxigenadas. Prefiere fondos de grava o arenosos. Su dieta se basa en insectos moluscos, crustáceos y otros peces (Torres-Orozco, 1991).

Goodeidae

Goodea gracilis (syn. *Goodea atripinnis*) (Webb, 1988)

La localidad típica de esta especie se localiza en el Río Santa María en el Pánuco. Su estatus es desconocido (Espinoza. et. al, 1993).

Poeciliidae

Gambusia panuco

Es una especie vivípara endémica a la cuenca del Pánuco.

Poecilia mexicana (*limantouri* o *mexicana*)

Es una especie que nada en la columna de agua. Se le presume tolerante y herbívora. Se distribuye del Río San Juan (Cuenca del Río Bravo) hasta el sur de Guatemala (Espinoza, et al.,1993) y habita en manantiales y pozas de aguas templadas (Page & Burr, 1991). Es una especie vivípara.

Poeciliopsis gracilis

La distribución de esta especie originalmente era exclusivamente en centroamérica, hoy en día abarca desde el centro - sur de México hasta Honduras, en específico en el Rioverde (Oaxaca) y el Grijalva (Veracruz) (Espinoza, et al.,1993). La información de acuario existente sobre esta especie indica que son omnívoros; se reproducen a 25-28°C y nacen hasta 40 en 10 días con un espacio entre camadas de 10-12 días (Espinoza. et. al, 1993).

Xiphophorus montezumae

La localidad típica de esta especie se localiza en el Río Verde cerca del pueblo de Rascón, SLP. También en los ríos Tamesí y Pánuco (Espinoza. et. al, 1993).

Cichlidae

Cichlasoma cyanuguttatum

Se distribuye en un área que va desde el S.O. de E.U., los Estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas y su localidad típica puede encontrarse en los Río Frio y Gallinas. Se le ha introducido en varias zonas con fines de acuicultura (Espinoza. et. al, 1993), habita en pozas y corrientes de ríos grandes y prefiere aguas templadas y áreas con vegetación (Page L.M. et.al., 1991). Su alimentación en el N.E. de México es típicamente detritívora, en Texas es herbívora y Carnívora dependiendo del afluente donde se le encuentre; los autores explican lo anterior como modificaciones en la dieta debido a la competencia con otras especies. Se reproducen en primavera (Lee D.S. et. al., 1980).

Cichlasoma labridens

La localidad típica de esta especie se localiza en la Huasteca Potosina, sobre el Río Verde y se distribuye por el resto del centro y noreste del país. Se le considera una especie endémica del país (Espinoza. et. al, 1993).

Oreochromis aureus

Es una especie exótica, nativa de los Ríos Jordán y Nilo (Espinoza, et al.,1993) que se encuentra nadando en la columna de agua y es tolerante a los cambios en su ambiente. Se le considera probablemente omnívora y es una especie ovíparos. Fue introducida a México en 1964 con fines de acuicultura y ha desplazado a las especies nativas (Espinoza, et. al., 1993).

Oreochromis mossambicus

Esta especie es nativa de África y fue traída a México en 1964 con fines de cultivo. Ha tenido un impacto grave sobre las especies nativas (Espinoza. et. al, 1993)

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN DE LAS LOCALIDADES

Para la descripción de las características de las localidades muestreadas, se seguirá el orden que a continuación se detalla. Es posible que falten datos en algunas de las estaciones debido a que no fueron tomadas en campo.

Orden:

No.)NOMBRE DE LA LOCALIDAD; Estado; Municipio; Pueblo Cercano; Detalles de Ubicación; Coordenadas Geográficas; Altitud; Fecha de Muestreo; Hora; Técnica de Muestreo. Detalles del Sitio. Posición obtenida a partir el ACP sobre los datos fisicoquímicos (ACP=), Calificación obtenida en el IIB (IIB=)

Localidades:

1) FRACCIÓN SÁNCHEZ; SLP; Santa María del Río; Santa María del Río; Muestreos 190 mts río arriba de la presa existente; N 21°40'05", W 100° 41'11"; 1650 m.n.s.m.; 9/10/97; 1300 hrs; Chinchorro. Comentario: El arroyo se encuentra semi-canalizado y el sitio de muestreo esta flanqueado por nogales y membrillos. Algas filamentosas presentes sirven de sitios de protección para los peces. La estación se ubica a la salida de la población del mismo nombre, a pocos kilómetros de la Carretera Panamericana. ACP = 3, IBI = 30.

2) LA PLANTA/LA HACIENDA; SLP; Río Verde; Puente del Carmen; Cercana a Río Verde; N 21°56'28"; W 99°58'45"; 980msnm; 10/10/97;---; Chinchorro. Comentario: Este sitio se encuentra flanqueado por algunos ejemplares de *Taxodium sp.* y Matorral Xerófito. En este sitio se encuentran descargas de aguas negras provenientes de Río Verde. ACP = 21, IIB = 55.

3) PUENTE LA PLAZUELA; SLP; Río Verde; San Gregorio. Río Verde;---; N 21°47'28", W 99°55'31"; 852 m.s.n.m.; 10/10/97; 1115 hrs; Chinchorro. Comentario: Los muestreos en esta estación se llevaron a cabo primero en un lugar sin vegetación a las orillas y otro con vegetación en las mismas. No se observaron fuentes de contaminación evidentes. El nivel de flujo no fue medido pero el nivel de agua parecía ser normal. La localidad se encuentra unos kilómetros antes de llegar al poblado de La Plazuela, en un puente que cruza la carretera. ACP = 20, IIB = 85.

4) PIRIHUAN; SLP; Río Verde; Piriuan; ---; N 21°32'48", W 99°34'30"; 733msnm; 10/10/97; 1725 hrs; Chinchorro. Comentario: Este segmento del río se encuentra flanqueado por carrizales y sabinos de un lado y por Caña de Azúcar por el otro. Hay una granja cercana, el río presenta varias rocas en el cauce. Hay una pequeña caída de agua. Se observaron espumas en el río. ACP = 23, IIB = 55.

5) CARPINTERO; SLP; ---; El Carpintero; el afluente recibe el nombre de Río Gallinas; N 21°53'947", W 99°15'067"; 365 m.s.n.m.; 14/11/97; 0710 hrs; Chinchorro. Comentario: En esta localidad el río presentó una anchura de 50 mts. Con algunos

islotes intermedios. Los levantamientos fueron llevados a cabo entre los islotes y en un área de rápidos; a ambos lados del afluente se observaron cañaverales, aunque en las orillas del río se localizaron ejemplares de *Taxodium* sp.. En el lugar se localizaron bivalvos. ACP = 14, IIB = 75.

6) POTRERO DEL CARNERO; SLP; Rayón; Potrero del Carnero; N 21°32'46", W 99°27'11"; ≈ 900 m.s.n.m.; 11/10/97; 1325 hrs, Chinchorro. Comentario: Se realizaron dos muestreos, se localizó vegetación no de origen acuático dentro del afluente. La localidad se encuentra en un sitio con vegetación un tanto densa. ACP = 8, IIB = No se pudo calcular.

7) CANOAS; SLP; ---;Canoas; ---; N 21°56'40", W 99°30'38"; 1020 m.s.n.m.; 11/10/97; 1445 hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron tres transectos y colectas. La orilla presentaba Sabinos. ACP = 9, IIB = 65.

8) 1ª CASCADA CANOAS-QUINTA MATILDE; SLP; ---; Canoas; ---; Cerca de la desviación a Canoas y Quinta Matilde; N 21°54'52", W 99°30'33"; 1137 m.s.n.m.; 11/10/97; 1615 hrs; Chinchorro. Comentario: No se observó contaminación a simple vista: La vegetación de las orillas es de tipo arbustivo y pastizal. No se localizaron peces, pero se colectaron langostinos. ACP = 7, IIB = No se pudo calcular.

9) EL REALITO; GTO; ---; El Realito; ---; N 21°36'23", W100°13'49"; 1120msnm; 12/10/97;---; Chinchorro. Comentario: Se realizaron tres transectos. La vegetación era de tipo Matorral Crasicaule. ACP = 4, IIB = No se pudo calcular.

10) ZUÑIGAS; GTO; ---; Santa Catarina; ---; N 20°19'13"; W 100°08'38"; 2255 m.s.n.m.;12/10/97;--- ; Chinchorro. Comentario: El área en general era de tipo desértico con vegetación xerófito predominante. ACP = 5, IIB = 35.

10) ARROYO MANZANARES; GTO; ---; Paso de Vaqueros; ---; N 21°20'780", W100°22'561"; 1950 m.s.n.m.; 23/10/97; 1500 hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron tres levantamientos, uno dentro de bosque, otro en una corriente angosta y un último en una poza. Había matorral bajo xerófito y algunas áreas con pastizal. ACP = 10, IIB = No se pudo calcular.

11) PASO DE VAQUEROS; GTO; ---; Paso de Vaqueros; Cerca de Jajalpa; N 21°21'323", W 100°22'871"; 1920 m.s.n.m.; 23/10/97; 1720 hrs; Chinchorro. Comentario: En el sitio se lava ropa sobre las piedras cercanas al río. Realizamos un solo levantamiento. ACP = 6, IIB = No se pudo calcular.

13) RASCÓN; SLP; ---; Rascón; ---; N 22°00'043", W 99°15'915"; ---;14/11/97; 0930 hrs; Chinchorro. Comentario: Esta localidad presentó muy buenas condiciones ambientales. Se realizaron dos levantamientos en remansos y en un sitio cercano a una isla en el centro del afluente. ACP = 16, IIB = 55.

14) TAMASOPO; SLP; ---; Tamasopo; Dentro de los terrenos del balneario; N 21°56'387", W 99°23'783"; 457m.s.n.m.; 14/11/97; 1130 hrs; Chinchorro. Comentario: En las orillas, y a manera de buffer ripario, se localizaron a especies como *Salix sp.*, *Ficus sp.*, algunos carrizos, árboles frutales, cañaveral y palmas de coco. ACP = 22, IIB = 60.

15) RÍO VERDE; SLP; ---; Rodeo; ---; N 2142215, W 9948131; 701 m.s.n.m.; 14/11/97; 1710hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron dos levantamientos, uno en un remanso y otro en un área de rápidos. Sauces, *Taxodium sp.* y carrizos se encontraron formando el buffer ripario. ACP = 24, IIB = No se pudo calcular.

16) RÍO JALPAN; QRO; Arroyo Seco; Trapiche; ---; N 21°19'978", W 99°31'659"; 853 m.s.n.m.; 15/11/97; 0845 hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron levantamientos en un área de pozas y otra de rápidos. Se observó *Taxodium sp.*, dentro de un bosque tropical caducifolio formando el buffer ripario. Se observó contaminación de origen doméstico. ACP = 11, IIB = 45.

17) RÍO AYUTLA; QRO; Arroyo Seco; Ayutla; ---; N 21°23'246", W 99°33'279"; ---; 15/11/97; 1015 hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizó la toma de datos en áreas de remanso y en rápidos. En el área de rápidos se localizó vegetación secundaria con algunos cultivos en la parte posterior. ACP = 17, IIB = 75.

18) RÍO SANTAMARIA; QRO; Arroyo Seco; Ayutla; ---; N 21°23'842", W 99°34'713"; ---; 15/11/97; 1120 hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron dos levantamientos, en el área de rápidos y en el área de pozas. Selva baja caducifolia y vegetación secundaria se observaron a orillas del afluente. ACP = 19, IIB = 65.

19) RÍO CONCA; QRO; Arroyo Seco; Carrizal; ---; N 21°29'288", W 99°41'943"; 609 m.s.n.m.; 15/11/97; 1420hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron dos levantamientos, uno en el remanso del río y otro en el área de rápidos. Sauces se encontraban en una de las orillas y en la otra se encontraron huertos y árboles frutales. ACP = 18, IIB = 25.

20) CHUBEJE; QRO; Pinal de Amoles;---; ---;---;---; 13/11/97; 1800; Chinchorro. Comentario: Este río presentó varios diques construidos y una poza. Levantamientos realizados en una zona de rápidos (sin colecta) y en la poza. ACP = 12, IIB = 30.

21) ESCANELA; QRO; Pinal de Amoles; San Pedro Escanela; N21°11'006", W 99°36'371", 1200 m.s.n.m.; 13/11/97, 0830 hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron dos muestreos, 1 en poza y otro en rápidos, Se observaron truchas pero no fueron colectadas. ACP = 15, IIB = No se puede calcular.

22) ANTES DE SAN SALVADOR DE LOS AHORCADOS; GTO; Victoria; San Salvador de los Ahorcados; N 21°19'831", W 100°17'082"; 1859 m.s.n.m.; 23/10/97; 0920 hrs; Chinchorro. Comentario: Se realizaron dos muestreos, el área presentaba matorral

crasicaule, y un bosque de juníperos hacia la parte norte del río. Carencia de Buffer ripario. ACP = 13, IIB = No se puede calcular.

23) OASIS; QRO; ---; Pinal de Amoles; N 21°00'46"; W 99°49'57", 1050 m.s.n.m.;13/11/97;---; Chinchorro. Comentario: El área de estudio se encontraba junto al balneario "El Oasis" en una zona de clima desértico, con muy poca sombra y casi sin vegetación riparia. ACP = 1, IIB = 20.

24) ESTORAX; QRO; ---; Santa Catarina; N 21°02'11"; W 99°50'45"; 1249 msnm;13/11/97;---; Chinchorro. Comentario: El área de muestreo se ubicó en un área semidesértica, con matorral xerófito. ACP = 2, IIB = 30.

Bibliografía

- Angermeier P.L. & Karr J., 1994, Biological Integrity versus Biological Integrity as Policy Directives, *BioScience* 44 (10): 690-697.
- Athié L. M., 1987, Calidad y Cantidad del Agua en México, Fundación Universo Veintiuno, México.
- Bart H.L. & Suttkus R., 1998, Materials for the revision of suckers in the subfamily Ictiobinae, NSF Proposal Document.
- Bell-Cross G. & Minshull J.L., 1988, The fishes of Zimbabwe, Trustees of the National Museums and monuments of Zimbabwe, Harare, Zimbabwe, p 244-245.
- Darnell R.M., 1962, Fishes of the Rio Tamesis and Related coastal Lagoons in in East Central Mexico, Pubs. of the Institute of Marine Science, V. 8: 299-365, Port Aransas TX. US.
- Espinoza P.H., et. al., 1993, Listados Faunísticos de México. III. Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos, Departamento de Zoología, Instituto de biología. Universidad Nacional Autonoma de México.
- -, 1993, Riqueza y Diversidad de Peces, *Ciencias* (México D.F.), Volumen Especial, 7:77-84.
- Fausch K.D. et. al., 1990, Fish Communities as Indicators of Environmental Degradation, *Amer. Fish. Soc. Symp.* 8 : 123-144.
- Fernandez-Arias H. et al, 1991, Análisis hitológico del Tubo Digestivo de *Cichlasoma labridens* (Teleostomi: Cichlidae) y sus Relaciones con la Dieta, *An. Esc. Nal. Cienc. Biol.*; 35:124-144, México

- INEGI, 1986, Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Querétaro. Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica, México.
- INEGI., 1997, Anuarios Estadísticos de los Estados de Querétaro, San Luis Potosí y Guanajuato, Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica, México.
- Jacobs, 1971, Livebearing Aquarium Fishes
- Jester, 1973, *N. M. Agric. Exp. Stn. Res. Rep.* 261: 1-111
- Karr J.R., 1981, Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities, *Fisheries* 6 (6): 21-27.
- -,1990 Biological Integrity and the Goal of Environmental Legislation: Lessons for Conservation Biology, *Conservation Biology* 4 (3) : 244-250.
- Karr J.R., 1991, Biological Integrity: A long neglected aspect of water resource management, *Ecological Applications*, 1(1), 66-84.
- Karr J.R. & Dudley D.R., 1981, Ecological perspectives on water quality; *Environmental Management*, 5: 55-68.
- Karr J.R. et al, 1986, Assessing biological integrity in running waters: a method and it's rationale. Special Publication 5. Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois.
- Koenings A., 1989, Cichlids from Central America, THF. Publications, USA, pp. 224.
- -, 1991, Biological Integrity: a Long Neglected Aspect of Water Resource Managment, *Ecol. Applic.* 1(1) : 66-84.
- Lafferty K. D., 1997, Environmental parasitology:what can parasites tell us about human impacts on the environment, *Parasitology Today*, 13, 251-255.

- Lee D.S. et al., 1980, Atlas of North American Freshwater Fishes, North Carolina Museum of Natural History, USA, pp 867.
- Loeb S.L., 1994, Biological Monitoring of Aquatic Systems, Lewis Publishers, Boca Raton FL, US. Pp. 381.
- López-López E. & Díaz-Pardo E., 1991, Cambios distribucionales en los peces del río de La Laja (Cuenca del Río Lerma), por efecto de disturbios ecológicos, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, Méx., 35: 91-116.
- Lyons J, 1992, Using the Index of Biotic Integrity (IBI) to Measure Environmental Quality in Warmwater Streams of Wisconsin, *USDA. Forest Service. North Central Experiment Station, General Technical Report NC-149.*
- Lyons J., 1999, Taller de integridad biótica, conceptos y aplicaciones para ecosistemas dulceacuicolas mexicanos. Apuntes de Taller.
- Lyons J, et al. 1995, Index of biotic integrity based on fish assemblages for the conservation of streams and rivers in west-central Mexico, *Conservation Biology* 9 (3), 569-584.
- Lyons J. et al., 1999, Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI), based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico, En Prensa.
- MacKenzie, K, et al., 1995, Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies, *Adv. Parasitol.* 35, 85-144.
- Mayden R.L., 1992, Systematics, Historical Ecology and Northamerican Freshwater Fishes, Stanford University Press, California, E.U., pp. 969.

- Miller R.R & Smith M.L., 1986, Origin and Geography of the Fishes of Central Mexico, Cap.14 in Zoogeography of North American Freshwater Fishes, John Wiley & Sons, NY, 487-517.
- Miller R.R., 1986 Composition and Derivation of the Freshwater Fish Fauna of Mexico, *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 30: 121-153.
- Page L.M. & Burr B., 1991, A Field Guide to Freshwater Fishes. North America and North of Mexico. Houghton Mifflin Co., Boston, E.U., pp
- SARH, 1972, *Boletín Hidrológico*, 32, Tomo III. Región Hidrológica núm. 26 (parcial). Cuenca del Bajo Pánuco. Subsecretaría de Planeación. Dir. Gral. de Estudios. Dir. de Hidrología. : 11-01.1—11-590.
- SARH, 1972, *Boletín Hidrológico*, 32, Tomo IV. Región Hidrológica núm. 26 (parcial). Cuenca del Bajo Pánuco. Subsecretaría de Planeación. Dir. Gral. de Estudios. Dir. de Hidrología. : 111-20.1.01—111-20.1.04.
- Schmitter-Soto, J., 1998, Catálogo de Peces Continentales de Quintana Roo, El Colegio de la Frontera Sur, México, p 98-99.
- Simon T.D. & Lyons J., 1995, Application of the index of biotic integrity to evaluate water resource integrity in freshwater ecosystems, en Davis W.S. & Simon T.D.; editores, *Biological assesment criteria: Tools for water resource planning and decision making*. Lewes Publishers, Chelsea, Michigan.
- Simonson T.D.et. al., 1994, Guidelines for Evaluating Fish Habitat in Wisconsin Streams, *USDA. Forest Service. North Central Forest Experiment Station, General Technical Report NC-164*.

- --, 1994, Quantifying Fish Habitat in Streams: Transect Spacing, Sample Size, and a Proposed Framework, *N. Am. J. Fish. Manag.* 14:607-615.
- Sures B. et al., 1998, Parasites as Accumulation Indicators of Heavy Metal Pollution, *Parassitologia* 39(3), Paperna, I, ed.
- Tesis Profesional, 1974, Contribución al Conocimiento de los Hábitats Alimenticios de los Peces de la Laguna de mar Muerto, Oaxaca, Dpto. Zoología, E.N.C.B., Instituto Politécnico Nacional, p. 51. No fue posible recabar el nombre del autor de esta referencia.
- Torres-Orozco R, 1991, Los Peces de México, AGT Editor, México D.F., pp. 235.
- Verduzco M. J., 1972, Ictiofauna del Río Pánuco, Noreste de México, Tesis de Licenciatura, UANL, Facultad de Ciencias Biológicas, Monterrey, NL.
- Webb S.A., 1998, Phylogenetic analysis of the Goodeidae (Teleostei: Cyprinodontiformes), Ph.D. Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, 280 pp.
- Wischnath L., 1993, Atlas of Livebearers of the World, THF Publications, USA, pp.336.